

**НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ ІМЕНІ
ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»**

Приладобудівний факультет

(повна назва інституту/факультету)

Кафедра автоматизації експериментальних досліджень

(повна назва кафедри)

«На правах рукопису»

«До захисту допущено»

УДК 534.612

Завідувач кафедри

Туз Ю.М.

(підпис)

(ініціали, прізвище)

“ ” _____ 2019 р.

Магістерська дисертація

зі спеціальності 152 Метрологія та інформаційно-вимірювальна техніка

(код та назва спеціальності)

на тему: Аналізатор спектральних складових рівня шуму в приміщенні

Виконав (-ла): студент (-ка) II курсу, групи ВА-81мп

(шифр групи)

Іванченко Юрій Віталійович

(прізвище, ім'я, по батькові)

(підпис)

Керівник доцент кафедри АЕД, к.т.н., доцент Стаценко О.В.

(посада, науковий ступінь, вчене звання, прізвище та ініціали)

(підпис)

Консультант Розробка стартап-проекту д.е.н., доцент Бояринова К.О.

(назва розділу)

(посада, вчене звання, науковий ступінь, прізвище, ініціали)

(підпис)

Рецензент _____

(посада, науковий ступінь, вчене звання, науковий ступінь, прізвище та ініціали)

(підпис)

Засвідчую, що в цій магістерській
дисертації немає запозичень з праць
інших авторів без відповідних посилань.
Студент _____

(підпис)

Київ – 2019 року

Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут ім. Ігоря Сікорського»

Факультет Приладобудівний
(повна назва)

Кафедра автоматизації експериментальних досліджень
(повна назва)

Рівень вищої освіти – другий (магістерський)

Спеціальність 152 Метрологія та інформаційно-вимірювальна техніка
(код і назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

_____ Ю.М. Туз
(підпис) (ініціали, прізвище)

« ____ » _____ 20__ р.

ЗАВДАННЯ

на магістерську дисертацію студенту

_____ Іванченку Юрію Віталійовичу
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема дисертації: Аналізатор спектральних складових рівня шуму в приміщенні,

науковий керівник дисертації

Стаценко Олексій Володимирович, к.т.н, доцент.
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом по університету від « ____ » _____ 20__ р. № _____

2. Термін подання студентом дисертації 10 грудня 2019р.

3. Об'єкт дослідження Процес вимірювання частотного складу акустичних коливань в приміщенні.

4. Предмет дослідження Прилад для вимірювання рівнів звукового тиску в окремих частотних діапазонах.

5. Перелік завдань, які потрібно розробити: 1. Аналіз існуючих підходів та приладів для вимірювання рівні звуку. 2. Розробка структури приладу для вимірювання рівнів звуку. 3. Розробка програмного забезпечення для розрахунку рівнів звуку у різних частотних діапазонах. 4. Розробка стартап проекту.

6. Орієнтовний перелік ілюстративного матеріалу: Презентація.

7. Орієнтовний перелік публікацій: 1 тези доповіді на конференції та 1 наукова стаття за темою магістерської дисертації.

8. Консультанти розділів дисертації

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Розробка стартап проекту	Бояринова К.О.		

9. Дата видачі завдання _____

Календарний план

№ з/п	Назва етапів виконання магістерської дисертації	Термін виконання етапів магістерської дисертації	Примітка
1	Аналіз існуючих підходів та приладів для вимірювання рівнів звуку.	28.10.2019-04.11.2019	
2	Розробка структури приладу для вимірювання рівнів звуку.	05.11.2019-13.11.2019	
3	Розробка програмного забезпечення для розрахунку рівнів звуку у різних частотних діапазонах.	14.11.2019-22.11.2019	
4	Розробка стартап проекту	23.11.2019-30.11.2019	
5	Оформлення дисертації	01.12.2019-06.12.2019	
6	Оформлення презентації та підготовка до захисту	06.12.2019-12.12.2019	

Студент

_____ (підпис)

Іванченко Ю. В.

(ініціали, прізвище)

Науковий керівник дисертації

_____ (підпис)

Стаценко О. В.

(ініціали, прізвище)

РЕФЕРАТ

Магістерська дисертація на тему: «Аналізатор спектральних складових рівня шуму в приміщенні», 85 сторінок, 2 додатки.

Об'єкт дослідження: Процес вимірювання частотного складу акустичних коливань в приміщенні.

Предмет дослідження: Прилад для вимірювання рівнів звукового тиску в окремих частотних діапазонах.

Мета роботи: Розробка приладу та програмного забезпечення до нього для аналізу спектральних складових рівня шуму в приміщенні.

Методи дослідження та апаратура: Робота з джерелами інформації, пов'язаними з проблемами дослідження, експериментальні дослідження за допомогою програмного забезпечення на основі мов програмування C та Ruby; бібліотек ESP8266WiFi, WiFiClient та фрейворку Ruby on Rails.

Результати роботи та їхня новизна: Розроблено прилад та програмне забезпечення для вимірювання спектральних складових рівня звуку, їх подальшої обробки та відображення результатів. Запропонований підхід до організації вимірювання спектральних складових рівня шуму в приміщенні дозволив зменшити витрати на апаратну складову приладу, а використання web-технологій для обробки результатів надає можливості універсально застосовувати їх різними підприємствами та організаціями.

Рекомендації щодо використання результатів роботи: Розроблений прилад та його програмне забезпечення може бути використаний в службах охорони праці на підприємстві або особами відповідальними за контроль та дотримання санітарних норм на підприємстві.

Ключові слова: *аналізатор спектральних складових рівня, шум, вимірювання.*

ABSTRACT

Master's thesis: " The analyzer of spectral constituents of the room noise level», 85 pages, 2 attachments".

Object of research: The process of measuring the frequency composition of acoustic vibrations in a room.

Subject of research: The device for measuring sound pressure levels in individual frequency ranges.

Objective: Development of the device, hardware and software for analysis of the spectral constituents of the room noise level.

Research methods and equipment: Work with sources of information related to research problems, experimental research using software based on the programming languages as the "C" and "Ruby"; libraries as the ESP8266WiFi, the WiFiClient and Ruby on Rails framework.

Results of work and their novelty: A device and software have been developed for measuring the spectral components of sound, their further processing and display of results. The proposed approach to organizing the measurement of the spectral components of the noise level in a room has reduced the cost of the hardware component of the device, and the use of web-based technologies for processing the results provides the opportunity to universally apply them to various enterprises and organizations.

Recommendations on the use of work results: The developed device and its software can be used in labor protection services at the enterprise or by persons responsible for monitoring and observing sanitary standards at the enterprise.

Keywords: *analyzer of spectral components of the level, noise, measurements.*

ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СИМВОЛІВ, ОДИНИЦЬ, СКОРОЧЕНЬ І ТЕРМІНІВ	9
ВСТУП	10
1. АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД	13
1.1 Шум та його вплив на людину. Нормативи контролю шуму.	13
1.1.1 Основні відомості	13
1.1.2 Класифікація шуму.....	16
1.1.3 Вплив шкідливого шуму на людину.....	17
1.1.4 Нормативи та правила контролю рівня шуму	20
1.1.5 Міжнародні нормативи	22
1.2 Вимірювання шуму	24
1.3 Технічні засоби для вимірювання шуму	25
1.3.1 Класифікація шумомірів	25
1.3.2 Шумомір ВШВ-003-М-2	27
1.3.3 Цифровий шумомір TROTEC BS06.....	28
1.3.4 Професійний цифровий шумомір VOLTCRAFT SL-451.....	30
1.4 Висновки до розділу та постановка задач магістерської роботи.....	32
2. СТРУКТУРА АНАЛІЗАТОРА СПЕКТРАЛЬНИХ СКЛАДОВИХ РІВНІВ ШУМУ В ПРИМІЩЕННІ	33
2.1 Опис структури та принцип її роботи	33
2.2 Розрахунок спектральних складових.....	35
2.3 Види та основні параметри окремих складових.....	36
2.3.1 Мікрофон.....	36
2.3.2 Фільтр низьких частот.....	37
2.3.3 Мікроконтролер з АЦП.....	40
2.3.4 Wi – Fi модуль.....	41
2.3.5 Сервер	42
2.3.6 Web - додаток.....	43
2.4 Вибір датчика звука	44

2.4.1	Характеристика та детальний опис модуля датчика звуку з компаратором LM393	45
2.4.2	Характеристика та детальний опис універсального звукового датчика (аналог і цифра).....	46
2.4.3	Характеристика та детальний опис модулю датчика звуку від Waveshare	46
2.4.4	Висновок.....	47
2.5	Вибір мікроконтролера та Wi-Fi модуля.....	48
2.5.1	Характеристика та детальний опис Wi-Fi модулю ESP-01	48
2.5.2	Характеристика та детальний опис Wi-Fi модуля ESP8266 ESP-01S	49
2.5.3	Характеристика та детальний опис USB перехідник для програмування та налагодження модулів ESP-01 і ESP-01S	51
2.5.4	Характеристика та детальний опис Esp8266 NodeMcu v3.....	52
2.5.5	Висновок.....	53
2.6	Висновки до розділу.....	53
3.	РОЗРОБКА ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ДЛЯ РОЗРАХУНКУ РІВНІВ ЗВУКУ В РІЗНИХ ЧАСТОТНИХ ДІАПАЗОНАХ.....	54
3.1	Програмне забезпечення мікроконтролера.....	54
3.2	Програмне забезпечення сервера.....	57
3.3	Прикладне програмне забезпечення.....	59
3.4	Висновки до розділу.....	60
4.	РОЗРОБКА СТАРТАП ПРОЕКТУ «АНАЛІЗАТОР СПЕКТРАЛЬНИХ СКЛАДОВИХ РІВНЯ ШУМУ В ПРИМІЩЕННІ».....	61
4.1	Опис ідеї проекту	61
4.2	Технологічний аудит ідеї проекту	63
4.3	Аналіз ринкових можливостей запуску стартап проекту.....	64
4.4	Розроблення ринкової стратегії проекту.....	71
4.5	Розроблення маркетингової програми стартап-проекту	74
4.6	Очікувана ефективність стартап проекту	77

	8
4.7 Висновки до розділу.....	82
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ	84
СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ	85
ДОДАТОК А. СПИСОК ПУБЛІКАЦІЙ	86
ДОДАТОК Б. ЛІСТИНГ ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ.....	92

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СИМВОЛІВ, ОДИНИЦЬ, СКОРОЧЕНЬ І ТЕРМІНІВ

АЦП - Аналогово-цифровий перетворювач

ПЗ - Програмне забезпечення

USB - Universal serial bus

TTL - Transistor-transistor logic

JSON - JavaScript Object Notation

PLL - Phase-locked loop or phase lock loop

UART - Universal asynchronous receiver/transmitter

AT - Attention

TCP - Transmission Control Protocol

IP - Internet Protocol

HTTP - HyperText Transfer Protocol

API - Application programming interfaces

АЧХ – Амплітудно-частотна характеристика

ФНЧ – Фільтр низьких частот

СУБД – Система управління базами даних

ВСТУП

Актуальність теми. Шум впливає на все оточуюче середовище та на всіх живих істот. Тому його рівень та частотний склад повинен вимірюватися, контролюватися та нормуватися.

На сьогоднішній день існують різні методи вимірювання рівня шуму та його спектральних складових в різних місцях, будь-то приміщення, будь-то вулиця, однією фразою – навколишнє середовище. Зазвичай використовується прилад під назвою – шумомір. Він вимірює рівень звуку, існують і такі шумоміри, котрі вираховують та відображають спектральну складову шуму в залежності від його частоти. Ще рідше зустрічаються шумоміри котрі вимірюють і рівень шуму, і його спектральні складові, але вони являються дуже дорогими. Відображення даних на приладах відбувається на пристрої який застосовується, відповідно якщо потрібно виміряти потрібні дані в різних місцях, то отримання результатів повинне бути виконане на кожному з цих місць спеціалістом. Для здешевлення цього приладу та забезпечення вимірювань в різних місцях на постійній основі, доцільною є розробка приладу який вимірював би спектральних склад рівнів шуму із забезпеченням передачі даних через мережу інтернет.

Мета і задачі дослідження. Метою досліджень є розробка приладу та програмного забезпечення до нього для аналізу спектральних складових рівня шуму в приміщенні.

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити такі задачі:

1. провести аналіз існуючих підходів до вимірювань рівня шуму та проаналізувати існуючі на ринку аналоги;
2. розробити структуру приладу для вимірювання спектральних характеристик рівня шуму в приміщенні;
3. розробити програмне забезпечення для розроблюваної системи;
4. розробка стартап проекту на базі побудованого приладу.

Об'єкт дослідження: Процес вимірювання частотного складу акустичних коливань в приміщенні.

Предмет дослідження: Прилад для вимірювання рівнів звукового тиску в окремих частотних діапазонах.

Методи дослідження: Робота з джерелами інформації, пов'язаними з проблемами дослідження, експериментальні дослідження за допомогою програмного забезпечення на основі мов програмування C та Ruby та бібліотек ESP8266WiFi, WiFiClient та фрейворку Ruby on Rails.

Наукова новизна одержаних результатів: Запропонований підхід до організації вимірювання спектральних складових рівня шуму в приміщенні дозволив зменшити витрати на апаратну складову приладу, а використання web-технологій для обробки результатів надає можливості універсально застосовувати їх різними підприємствами та організаціями.

Практична цінність одержаних результатів: Розроблений прилад та його програмне забезпечення може бути використаний в службах охорони праці на підприємстві або особами відповідальними за контроль та дотримання санітарних норм на підприємстві.

Апробація результатів дисертації. Результати даної роботи опубліковані на таких конференціях:

1. XXI науково-технічної конференції студентів та молодих учених «Гіротехнології, навігація, керування рухом та конструювання авіаційно-космічної техніки»
2. XV Всеукраїнської науково-практичної конференції студентів, аспірантів та молодих вчених «Ефективність інженерних рішень у приладобудуванні»

Публікації. Результати даної роботи опубліковані на таких конференціях:

1. Іванченко Ю.В., Стаценко О.В. Прилад для визначення мікроклімату робочого місця // Тези доповідей учасників XXI науково-технічної конференції студентів та молодих учених «Гіротехнології, навігація,

керування рухом та конструювання авіаційно-космічної техніки», 21 березня 2018 року, ФАКС, КПІ ім. Ігоря Сікорського, С.31-32.

2. Іванченко Ю.В., Стаценко О.В. Пристрій для визначення рівня шуму в приміщенні // Збірник праць XV Всеукраїнської науково-практичної конференції студентів, аспірантів та молодих вчених «Ефективність інженерних рішень у приладобудуванні», 10-11 грудня 2019р.- К.:ПБФ, КПІ ім. Ігоря Сікорського, Центр учбової літератури.-2019. – С.498-501.

1. АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД

1.1 Шум та його вплив на людину. Нормативи контролю шуму.

Шумом називається сукупність звуків, що мають різну частоту і інтенсивність, несприятливо впливають на організм людини.

За фізичної сутності шум являє собою хвилеподібно розповсюджене механічно коливальний рух частинок пружного (твердого, рідкого, газового) середовища. В рідині і газі можуть поширюватися тільки поздовжні хвилі. Зміна стану середовища при поширенні звукової хвилі характеризується звуковим тиском P - перевищенням тиску над тиском в незбудженому середовищі в паскалях. При нормальних атмосферних умовах (температура 293 К і тиск 1013,25 ГПа або 760 мм. рт. ст.) швидкість звуку в повітрі дорівнює 331 м / с (в рідині 1500 м / с, в твердих тілах 4000 м / с)

Коливання в діапазоні частот 16 Гц - 20 кГц можуть сприйматися вухом людини як звук. Коливання з частотою менше 16 Гц (інфразвук) і з частотою більше 20 кГц (ультразвук) вухом не сприймаються, але можуть також впливати на організм людини.

За умовами виникнення, виробничі шуми можуть бути механічного, майже 90% всіх шумів, аерогідродинамічного, електромагнітного походження, а за умовами поширення - повітряними і структурними.[1]

1.1.1 Основні відомості

Основними фізичними параметрами, котрі характеризують звук, є звуковий тиск – P , і інтенсивність звуку - I . Слуховий апарат людини реагує на величину, пропорційну середньому квадрату звукового тиску.

$$P^2 = \frac{1}{T} \int_0^T P^2(t) dt, \text{ де}$$

$P(t)$ - різниця між миттєвими значеннями повного тиску і середнім тиском в середовищі при відсутності звукового поля; T - час усереднення, яке для вуха людини знаходиться в межах 30-100мс.

При поширенні звукової хвилі відбувається перенесення енергії. Інтенсивністю звуку називається кількість звукової енергії, яку переносить звукова хвиля в одиницю часу через одиницю поверхні. Звуковий тиск вимірюється в паскалях ($\text{Па} = 1 \text{ Н} / \text{м}^2$), а інтенсивність звуку - в $\text{Вт} / \text{м}^2$

$$I = \frac{p^2}{\rho c}, \text{ де}$$

ρ - щільність середовища ($\text{кг} / \text{м}^3$); c - швидкість звуку ($\text{м} / \text{с}$).

Область чутності звуків обмежується не тільки певними частотами, але і певними значеннями тиску і інтенсивності звуку. Максимальні і мінімальні звуки тиску та інтенсивності називаються граничними. Мінімальні значення (порог чутності) відповідають ледь відчутним звуків і при частоті 1000 Гц рівні $P_0 = 2 \times 10^{-5} \text{ Па}$, $I_0 = 10^{-12} \text{ Вт} / \text{м}$. Звуки, які стосуються порогу чутності, сприймають тільки люди з унікально гострим слухом (приблизно 1% від числа досліджуваних). У 50% людей крива порога чутності лежить на 15 дБ вище умовно прийнятої середньої кривої. Максимальні значення (порог больового відчуття) відповідають звукам, які викликають в органах слуху больові відчуття при частоті 1000 Гц рівні $P = 2 \times 10^2 \text{ Па}$ і $I = 10^2 \text{ Вт} / \text{м}$. Таким чином, величини звукового тиску і інтенсивність звуку, які розрізняє людина, можуть змінюватися в широкому діапазоні: по тиску до 10^7 разів і за інтенсивністю до 10^{14} разів. Природно, що оперувати такими цифрами незручно. Крім того, згідно із законом Вебера - Фехнера подразнюючу дію шуму на людину пропорційно не квадрату звукового тиску, а логарифму від нього. Тому, були введені логарифмічні величини - рівні звукового тиску та інтенсивності, вимірювані в децибелах (дБ). Так що,

$$L = 10 \lg \frac{I}{I_0} = 10 \lg \frac{P^2}{P_0^2} = 20 \lg \frac{P}{P_0}, \text{ де}$$

I_0 і P_0 - інтенсивність звуку і звуковий тиск, відповідні порогу чутності на частоті 1000 Гц.

Бел - це логарифмічна одиниця відношення двох величин (десятковий логарифм відношення двох однойменних фізичних величин, наприклад, потужностей, струмів, звукового тиску), 0,1 частка Бела - децибел. $1\text{Б} = 10\text{дБ}$.

Слуховий апарат людини має різну чутливість до звуків різної частоти - найбільша на середніх і високих частотах (800 - 4000 Гц) і найменша - на низьких (20 - 100 Гц). Однакові по інтенсивності, але різні за частотою звуки сприймаються як звуки різної гучності. Тому для фізіологічної оцінки шуму використовуються криві рівня гучності. Для того, щоб наблизити результати об'єктивних вимірів шуму до суб'єктивного сприйняття, використовують коректований рівень звукового тиску (рівень інтенсивності). Для корекції вводяться поправки, які залежать від звукової частоти, до рівня належної величини (шляхом обліку частотної характеристики шумоміра). Ці поправки стандартизовані в міжнародному масштабі. Найбільш споживана - корекція А.

Отже, рівень звуку - це скоректований рівень звукового тиску, що вимірюється в дБА. $L = L_A - \Delta L_A$

Таблиця 1.1 – Стандартне значення корекції А

Частота	Гц	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
Корекція L_A	дБ	26,3	16,1	8,6	3,2	0	-1,2	-1,0	-1,0

Гучністю називається суб'єктивне відчуття, що дозволяє слуховій системі розташовувати звуки за певною шкалою від звуків низької інтенсивності («тихі» звуки) до звуків більшої інтенсивності («гучні» звуки). Рівні звуку в смузі шириною 1 Гц називаються спектральної площиною. Залежності рівнів звуку від частоти називаються спектром шуму.

Постійний шум може бути розкладений на тональні (гармонійні, синусоїдальні) складові зі зазначенням інтенсивності та частоти кожного тону (розкладання в ряд Фур'є).

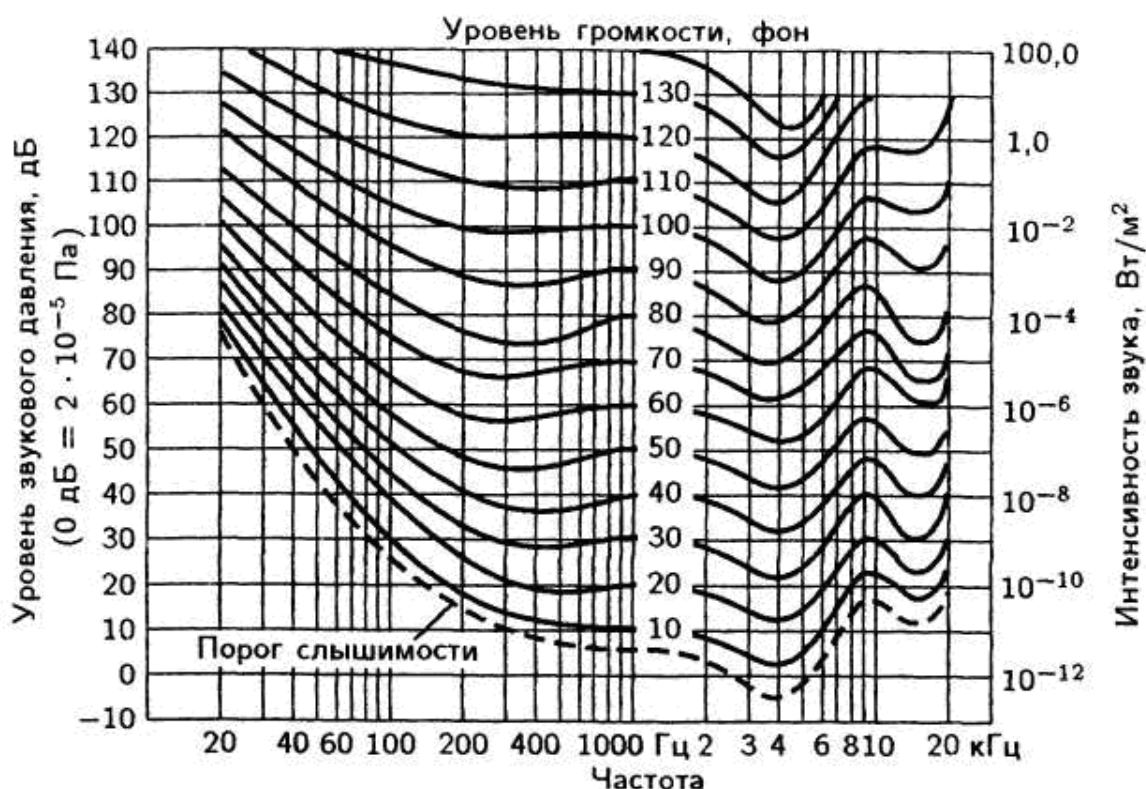


Рисунок 1.1 – Криві рівної гучності і залежність рівня звукового тиску в дБ від частоти при заданій гучності в фонах

1.1.2 Класифікація шуму

Шум класифікується за спектральним і тимчасовим характеристикам. За характером спектра шум підрозділяється на:

1. широкопasmовий з безперервним спектром, шириною більше однієї октави – рисунок 1.2(а);
2. тональний, в його спектрі присутні виражені дискретні тони. Він встановлюється за допомогою вимірювання в трьохоктавних смугах частот з перевищення рівня звукового тиску в одній із смуг над сусідніми, не менш ніж на 10 дБ – рисунок 1.1(б).

За часовими характеристиками шум підрозділяється на:

1. постійний, який не змінювався в продовж повного робочого дня, а саме за 8 годин, не більше ніж на 10 дБА – рисунок 1.1(в);
2. непостійний, який змінюється в часі в продовж повного робочого дня, а саме за 8 годин, більше ніж на 5 дБА – рисунок 1.1(г).

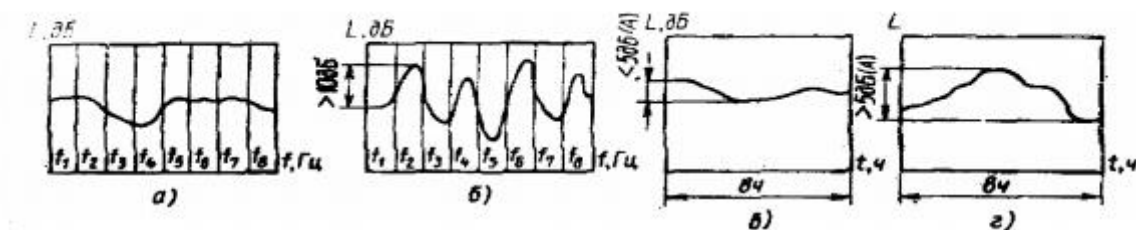


Рисунок 1.2 – Спектри шуму

У свою чергу, непостійний шум підрозділяється на:

1. коливальний, який безперервно коливається в часі, рівень звуку постійно змінюється змінює свою величину в часі – рисунок 1.3(а);
2. переривчастий, цей шум змінюється в часі за принципом східців. Рівень звуку змінюється на 5 дБА та більше, тривалість інтервалів становить від 1 секунду і більше – рисунок 1.3(б);
3. імпульсний, складається з одного чи декількох звукових сигналів, тривалість яких менше 1 секунди – рисунок 1.3(в).

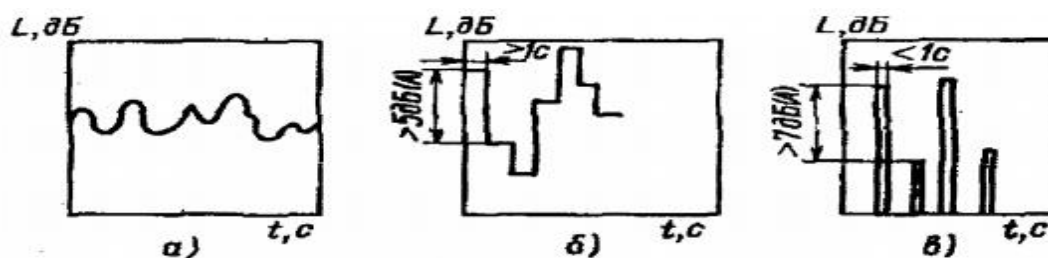


Рисунок 1.3 – Спектри непостійного шуму

1.1.3 Вплив шкідливого шуму на людину

Фізіологічний вплив шуму на людину залежить від багатьох чинників: рівня звукового тиску, його частотного складу, часу впливу частоти повторення і індивідуальних особливостей. Дискретні складові в спектрі шуму збільшують подразнюючу дію в порівнянні з вихідним широкосмуговим шумом. На рисунку 1.4 продемонстровані 4 зони впливу шуму на людину в залежності від рівня звуку і часу впливу.

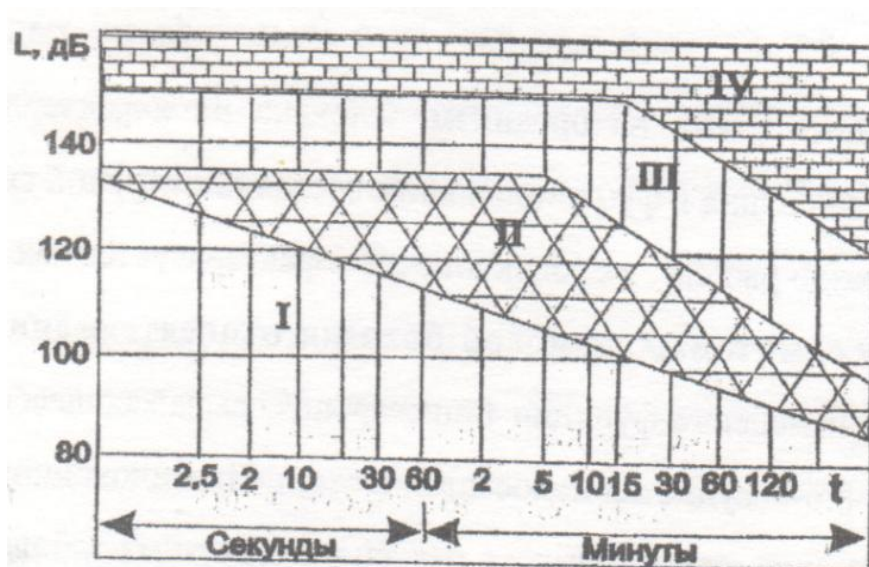


Рисунок 1.4 – Типові зони впливу шуму на людину

Зона I - застосування захисних засобів не потрібно;

Зони II і III - захист органів слуху є необхідною;

Зона IV - перебування людини з будь-яким захистом заборонено.

Степінь роздратованості людини має ключове значення, для результату її роботи. На неї безумовно буде впливати конкретний рівень шуму та час, в продовж якого чути той шум. У людини, котра знаходиться під впливом постійного шуму, наприклад, на роботі, неодмінно зросте схильність до захворювань зв'язаних зі слуховим апаратом. Зростає можливість професійної глухоти, тобто повної або часткової втрати слуху. Людина відчуває біль при шумі в 130 дБ, при шумі в 150 дБ виникає біль який неможливо терпіти. Окрім прямого впливу на слуховий апарат, шум досить серйозно впливає на серцево-судинну та нервову системи. Медико-біологічні дослідження показали, що шум має кумулятивну властивість – накопичується в організмі, що призводить до великої кількості захворювань. Також дослідники стверджують, що кожен зайвий децибел, який знаходиться за рівнем допустимої норми, збільшує ризик серцево-судинних захворювань на 0.5 відсотка, знижують коефіцієнт корисної дії працівника на 1 відсоток та на 1.5 відсотки збільшують шанс втрати слуху.

Загалом, в залежності від рівня і характеру шуму можна виділити кілька ступенів його впливу на людину.

1. Відсутність шуму - повна відсутність шуму протиприродно, абсолютна тиша пригнічує, перебування в повній тиші більше декількох діб веде до психічних розладів.
2. Шум 20-60 дБА - шумовий фон, постійно діючий на людину в його повсякденній діяльності. Ступінь шкідливості такого шуму залежить від індивідуального ставлення до нього. Первинний шум або шум, відтворений самою людиною, не турбує. Шум, що перевищує 40 дБА, може створювати підвищене навантаження на нервову систему, особливо при розумовій роботі. Вплив на психіку зростає зі збільшенням частоти і рівня шуму, а також зі зменшенням ширини смуги частот шуму.
3. Шум 60-80 дБА чинить психологічний вплив, створює значне навантаження на нервову систему людини (особливо при розумовій роботі). В результаті спостерігається підвищена стомлюваність, дратівливість, ослаблення уваги, уповільнення психічної реакції, зниження продуктивності і якості праці. Впливу шуму підвищується при імпульсних і нерегулярних шумах.
4. Шум 80-110 дБА надає фізіологічний вплив на людину, призводить до видимих змін в його організмі. Під впливом шуму понад 80 дБА спостерігається погіршення слуху. Однак зміни в функціональному стані нервової системи і ряду органів настають значно раніше, їх сукупність характеризується як шумова хвороба. До об'єктивних симптомів шумової хвороби можна віднести: зниження слухової чутливості, зміна функції травлення, серцево-судинна недостатність, нейроендокринні розлади. Тривала дія шуму викликає ряд таких серйозних захворювань, пов'язаних з перенапруженням нервової системи, як гіпертонічна хвороба, в ряді випадків шлунково-кишкові та шкірні захворювання. Встановлено, що продуктивність праці знижується від шуму тим більше, чим складніше трудовий процес і чим більше в ньому елементів

розумової праці. При роботах, що потребують підвищеної уваги, при збільшенні рівня звуку від 70 до 90 дБА має місце зниження продуктивності праці на цілих 20%. Підвищений рівень шуму призводить до зростання не тільки професійної, а й загальної захворюваності. Про це стверджує той факт, що загальна захворюваність робочих гучних виробництв збільшена на 15-20%.

5. Шум, який вище за 110 дБА надає травматичне дію на органи слуху. При шумі, що перевищує 140 дБА, можливий ризик розриву барабанної перетинки.

1.1.4 Нормативи та правила контролю рівня шуму

Щоб захистити людину від недоброякісного шуму необхідно регламентувати та нормувати час його впливу, спектральний склад та інтенсивність. Найчастіше цим займається санітарно-гігієнічні та санітарно-епідеміологічні служби, які проводять нормування рівнів шуму в різних місцях перебування людей, наприклад, в лікарні чи в офісі. Після чого роблять висновки про шумову забрудненість ґрунтуючись на ряді державних документів. Ось деякі із них:

- ГОСТ 12.1.003-83 Система стандартів безпеки праці. Шум. Загальні вимоги безпеки
- ГОСТ 12.1.050-86 Система стандартів безпеки праці. Методи вимірювання шуму на робочих місцях
- ДЕРЖАВНІ САНІТАРНІ НОРМИ допустимих рівнів шуму в приміщеннях житлових та громадських будинків і на території житлової забудови в Україні

Промислові підприємства, лікарні, офіси, житлові будинки мають різні санітарні норми допустимого рівня шуму. Наприклад, населення мегаполісів знаходиться під впливом шуму майже цілодобово, в той час як працівники заводу – 8 годин, тобто під час зміни. Також потрібно враховувати присутність людей, котрі являються більш вразливими, а це – літні люди, діти та хворі тими

чи захворюваннями. Шум вважається недоброякісним та не допустимим, якщо його рівень прямо або не прямо шкідливо впливає на людину, на її самопочуття, працездатність або настрої. Залежно від характеру шуму можна вносити корективи в нормативні показники рівня шуму, якщо вони коливаються від 5 до +10 дБА. Допустимими рівнями є нормативні рівні, до яких урахували відповідні поправки. Саме з ними зрівнюються фактичні рівні звуку. Для оцінки постійних шумів існують 8 рівнів в октавних частотних смугах(L, дБ) з середньгеометричними значеннями частот: 31,5, 63, 125, 250, 500, 1000, 2000, 4000, 8000 Гц, що містять допустимі рівні звукового тиску для нормування. Залежно від робочого місця або виду діяльності формують допустимі рівні у вигляді граничних спектрів рівнів звукового тиску для постійного шуму, який може бути присутнім на робочому місці, згідно з ГОСТ 12.1.003-83. Якщо на виробництві шум непостійний, то максимально допустимим еквівалентним рівнем шуму вважають $LA_{екв} = 80 \text{ дБА}$ або доза $D = 1 \text{ Па}^2 \times \text{год}$.

Як відомо, середньгеометричні значення f_{cp} для смуги з верхньою граничною частотою f_v і нижньою f_n (для октавної смуги f_v в два рази більше f_n) визначається виразом $f_{cp} = \sqrt{f_v f_n} = \sqrt{2} f_n = 1.41 * f_n$, наприклад, якщо $f_{cp} = 63 \text{ Гц}$, то $f_n = 45 \text{ Гц}$ і $f_v = 90 \text{ Гц}$.

Рівні звукових тисків слід вважати допустимими, якщо вони відповідають критерію NC згідно до санітарних норм.

Таблиця 1.2 – Допустимі рівні звукових тисків відповідно до критерію NC

Критерій шуму NC	Допустимі рівні звукового тиску(дБ); в октавних смугах із середньгеометричними значеннями частот(Гц)								
	31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
NC-15	61	47	36	28	22	18	14	12	11
NC-20	63	50	40	33	26	22	20	17	16

NC-25	65	54	44	37	31	27	24	22	22
NC-30	68	57	48	41	35	32	29	28	27
NC-35	71	60	52	45	40	36	34	33	32
NC-40	74	64	56	50	44	41	39	38	37
NC-45	76	67	60	54	49	46	44	43	42
NC-50	79	71	64	58	54	51	49	48	47
NC-55	82	74	67	62	58	56	54	53	52
NC-60	85	77	71	66	63	60	59	58	57

1.1.5 Міжнародні нормативи

Практично всі нормативи, що стосуються рівня шуму на робочому місці, встановлюють верхню межу еквівалентного рівня шуму в районі 85-90 дБ (А) для восьмигодинний робочої зміни. Дана межа встановлена виходячи з рекомендацій міжнародного стандарту ISO 1999: 1990.

Європейська директива 2003/10/ЕС, що стосується рівня шуму на робочому місці, встановлює гранично допустимий рівень еквівалентного рівня шуму в 87 дБ (А) для восьмигодинний зміни.

У Франції, Швеції, Норвегії, Нової Зеландії та Іспанії для восьмигодинний зміни встановлені еквівалентний рівень в 85 дБ (А) і корекція в 3 дБ (А), тоді як в США ці цифри становлять відповідно 90 дБ (А) і 5 дБ (А).

Корекція 3 дБ (А) означає, що якщо гранично допустимий рівень шуму перевищено на 3 дБ (А), допустима тривалість впливу шуму на людину повинна бути скорочена вдвічі. У Великобританії розділ трудового кодексу 2005 року, присвячений шумовим впливам, встановлює гранично допустимий еквівалентний рівень 87 дБ (А) для восьмигодинних зміни. Дане значення співпадає з таким, встановленим директивою ЄС.

Країни, що розвиваються традиційно копіюють закони і нормативи, розроблені в розвинених країнах, без суттєвої адаптації до місцевих умов. Наприклад, в 1948 році в Індії був встановлений гранично допустимий рівень 90 дБ (А) для восьмигодинний зміни. Однак більша частина фабрик в Індії має шестиденний робочий тиждень, тому загальна тривалість дії складає 48 годин в тиждень. В результаті сумарний вплив перевищує допустимий в розвинених країнах.

Норматив OSHA 1910.95 встановлює гранично допустимі рівні шумового впливу на робочому місці. Вони ґрунтуються на середньозважених значень для робочого протягом восьмигодинний зміни. Згідно OSHA гранично допустимий рівень шуму становить 90 дБ (А) для кожної людини, що працює по вісім годин на день. Даний рівень встановлений з урахуванням значення корекції в 5 дБ (А).

Американський національний інститут гігієни та безпеки праці (NIOSH) рекомендує обмежити еквівалентний рівень шуму для робочого з восьмигодинний зміною значенням 85 дБ (А). Це дозволяє звести до мінімуму небезпеку розвитку захворювань органів слуху. Вивчивши сучасну літературу з даного питання, фахівці інституту виявили, що навіть при гранично допустимому рівні, встановленому OSHA, можлива значна втрата слуху. Крім цього, інститут NIOSH рекомендує використовувати значення корекції випадків 3 дБ (А). При перевищенні гранично допустимого рівня на кожні 3 дБ (А), тривалість впливу шуму повинна скорочуватися вдвічі.

Приклад: Норматив OSHA допускає вплив шуму гучністю 90 дБ (А) протягом восьми годин і лише дві години на разі гучності 100 дБ (А). Інститут NIOSH рекомендує обмежити гучність восьмигодинного шумового впливу значенням 85 дБ (А). Для шуму гучністю 100 дБ (А) тривалість впливу відповідно до рекомендацій NIOSH не повинна перевищувати 15 хвилин в день.

У 1981 OSHA встановило нові нормативи охорони праці в промисловості. Якщо працівники піддаються середньозваженому еквівалентному шумового впливу гучністю 85 дБ (А) і вище протягом восьмигодинний зміни, роботодавець зобов'язаний впровадити на виробництві програму захисту

органів слуху. Необхідно вимірювати рівень шуму, виробляти щорічні безкоштовні медичні огляди, забезпечити наявність засобів захисту органів слуху, а також оцінювати ефективність діючих правил техніки безпеки на всіх підприємствах, за винятком тих, на яких шляхом впровадження нових технологій, інструментів і обладнання, вдалося домогтися зниження рівня шуму нижче 85 дБ (А).

1.2 Вимірювання шуму

Вимірювання рівня шуму поділяється на два різновиди:

- стандартний;
- нестандартний.

Стандартний метод вимірювання контролюється стандартизованими засобами вимірювання та стандартами. Стандартизованими є і самі величини, котрі вимірюються.

В свою чергу, нестандартний метод використовується для якихось особливих завдань та при наукових дослідженнях.

Всі вимірювальні прилади повинні пройти метрологічну атестацію, якими займаються відповідні компанії, служби. Вони повинні видати документи які підтверджують проходження цієї атестації та документи, котрі вказують метрологічні параметри, похибки вимірювання і таке інше.

Для постійних шумів існують окремі величини, що підлягають вимірюванню:

- рівень звукового тиску L_p , дБ, в октавних або трьохоктавних смугах частот в контрольних точках;
- рівень звуку L_A , дБА, який коректується за шкалою А, в деяких контрольних точках;
- для непостійних шумів вимірюються еквівалентні рівні $L_{рек}$ або $L_{Аек}$;
- стандартні шумові характеристики джерел шуму LW , LWA , $G_{max}(j)$, $G_{maxA}(j)$ визначаються з використанням відповідних залежностей по виміряним рівнями звукового тиску.

1.3 Технічні засоби для вимірювання шуму

1.3.1 Класифікація шумомірів

Зазвичай, шумоміри включають в себе мікрофон, частотний фільтр, підсилювач, реєструючий компонент та індикатор, який наглядно показує рівень виміряного шуму в дБ. Шумоміри котрі мають частотну корекцію, мають і перемикачі для різних рівнів - А, В, С, D, та перемикачі для тимчасових характеристик – I – impulse, F – fast, S – slow. Вони використовуються при вимірах відповідно назв видів шумів.

Існує чотири класи точності для всіх шумомірів - 0, 1, 2 і 3:

- 0 клас для шумоміра, означає, що він використовується як еталонний прилад. Вимірювання відбуваються в діапазоні від 20 Гц до 18 кГц;
- 1 клас – ці шумоміри використовуються для лабораторних досліджень. Вимірювання відбуваються в діапазоні від 20 Гц до 18 кГц;
- 2 клас – шумоміри, котрі потрібні при технічних вимірюваннях. Діапазон вимірювань від 20 Гц до 8 кГц;
- 3 клас – орієнтовні вимірювання. Діапазон вимірювань від 31,5 Гц до 8 кГц;

Також існують так звані інтегруючі шумоміри, що використовуються при вимірюванні еквівалентного рівня шуму, який був усереднений за тривалий період часу.

Рівень звуку, який знаходиться в певній смузі частот показується приладами вимірювання шуму, що будуються на основі частотних аналізаторів, котрі в свою чергу мають набір смугових фільтрів.

Частотні аналізатори бувають вузькосмуговими, октавними та трьохоктавними, це залежить від виду частотної характеристики.

Частотна характеристика фільтра:

$$K(f) = U_{\text{вих}} / U_{\text{вх}},$$

$K(f)$ – залежність коефіцієнта передачі сигналу, який передається з входу фільтра $U_{\text{вх}}$ на його вихід $U_{\text{вих}}$, залежно від частоти сигналу f .

На рисунку 1.5, показана типова частотна характеристика октавного смугового фільтра. Смуговий фільтр характеризується смугою пропускання:

$$B = f_2 - f_1,$$

де f_1 і f_2 – частоти, B - область між ними. Частотна характеристика $K(f)$ має значення (загасання) не більше 3 дБ.

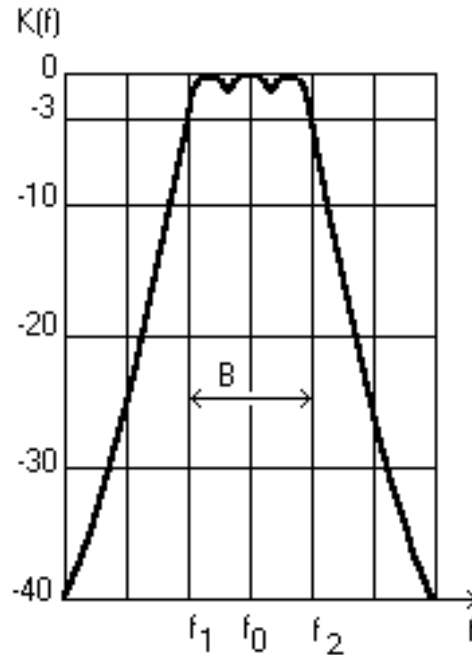


Рисунок 1.5 – Частотна характеристика октавного фільтра

f_1 і f_2 – частоти зрізу фільтра, $f_0 = (f_1 * f_2)^{1/2}$ - центральна частота фільтра.

Допустимі рівні звуку в приміщеннях різного призначення встановлені державними санітарними нормами. Допустимі рівні звуку в відповідних частотних діапазонах стандартизуються такими ж санітарними нормами. Щоб вимірювати загальний рівень шуму та його частотний склад, використовують наступні підходи:

- використання спеціалізованих шумомірів, які мають вбудовані аналізатори спектру;
- використання універсальних шумомірів, з наборами смугових фільтрів

Для прикладу розглянемо декілька шумомірів.

1.3.2 Шумомір ВШВ-003-М-2

Шумомір ВШВ-003-М-2 призначений для вимірювання та аналізу шуму і вібрації в житлових і виробничих приміщеннях.

Використовується для визначення джерел і характеристик шуму і вібрації в місцях знаходження людей, при дослідженнях і випробуваннях машин і механізмів, при розробці та контролі якості виробів.

Прилад ВШВ-003-М-2 має вбудовані фільтри з частотними характеристиками А, В, С, Лін, а також смугові фільтри: октавні дозволяють виробляти класифікацію, вимір і визначення нормованих параметрів відносно шуму і вібрації.



Рисунок 1.6 – Шумомір ВШВ-003-М2

Він відноситься до шумомірів І класу точності і дозволяє вимірювати коректований на таких рівнях звуку - А, В, С. Рівень звукових тисків у діапазоні частот від 20 Гц до 18 кГц; в октавних смугах – від 16 до 8 кГц. Даний прилад використовують для вимірювання шуму в виробничих приміщеннях та житлових кварталах в цілях охорони здоров'я; при розробці та контролі якості виробів.

Основні технічні характеристики приладу ВШВ-003м2:

- Смуга частот, Гц:

- вимірювання параметрів вібрації: 1 ... 10000;
- рівня звукового тиску за влучним висловом ЛИН: 2 ... 18000.
- Динамічний діапазон вимірювання параметрів вібрації:
 - віброприскорення, м/с^2 : $3 \cdot 10^{-3} \dots 10^{-3}$;
 - віброшвидкості, мм/с : $3 \cdot 10^{-2} \dots 5 \cdot 10^{-4}$;
 - рівня звуку, дБ отн. $2 \cdot 10^{-5} \text{ Па}$: 22 ... 140.
- Основна похибка вимірювання:
 - параметрів вібрації, %: ± 10 ;
 - шуму, (клас точності): 1.
- Споживана потужність, $\text{В} \cdot \text{А}$:
 - при харчуванні від мережі: 5;
 - при харчуванні від акумуляторної батареї: 1.
- Ціна: 19 500 грн

1.3.3 Цифровий шумомір TROTEC BS06



Рисунок 1.7 – Цифровий шумомір Trotec BS06 (40 - 130 dB (A) (31.5 Hz - 8 kHz))

Шумомір Trotec BS06 відрізняється широким діапазоном від 40 до 130 дБ і точністю ± 3.5 дБ. Завдяки частоті вимірювання 2 рази в секунду і можливості

фіксації максимального показання ви зможете проводити виміри газодинамічних шумів. Модель BS06 оснащена датчиком світла для автоматичного включення підсвічування дисплея в умовах недостатньої освітленості і функцією авто-відключення.

Переваги та особливості вимірювача рівня шуму Trotec BS06:

- Автоматичне підсвічування дисплея (включається при недостатньому освітленні)
- Фіксація максимального і мінімального значень
- Міцний прогумований корпус
- Швидкість вимірювання 2 рази в секунду
- Кріплення з різьбленням для стаціонарного розміщення шумомера
- Автоматичне відключення при тривалому простої
- Німецька якість

Технічні характеристики шумоміра Trotec BS06:

- Діапазон вимірювань: 40-130dB
- Похибка: $\pm 3.5\text{dB}$
- Дискретність: 0.1dB
- Діапазон частот: 31.5HZ - 8.5KHz
- Частота вимірювання: 2 рази на секунду
- Ціна: 1887.91 грн

В цілому досить не поганий варіант, але не задовольняє вимогу щодо вимірювання частоти звукових коливань.

1.3.4 Професійний цифровий шумомір VOLTcraft SL-451



Рисунок 1.8 – Професійний цифровий шумомір Voltcraft SL-451 (30-130 dB)

Voltcraft SL-451 - першокласний шумомір з розширеними можливостями. SL-451 - це сучасний цифровий шумомір, що випускається німецькою компанією VOLTcraft. Завдяки своїм вражаючим технічним характеристикам, він здатний з високою точністю вимірювати рівень шуму в діапазоні від 30 до 130 дБ.

Прилад виконаний в надійному прогумований корпус, що допускає експлуатацію навіть в найсуворіших умовах і має вагу всього 350 грам, що робить його дуже зручним в роботі. Конструкція пристрою складається з основного блоку, яка провадить вимірювання, і знімного мікрофона. Зручний вітрозахист дозволить виконувати роботи на вулиці, а міцний кейс захистить прилад від пошкоджень при транспортуванні. Для відображення результатів вимірювань шумомір SL-451 має контрастний дисплей, забезпечений яскравим підсвічуванням, що дозволяє виробляти роботу навіть в місцях з поганим освітленням.

Для вибору різних функцій на передній панелі розташовано 8 клавiш, об'єднаних в 2 групи. У пристрої є 2 різних режими вимірів: А і С, перший з яких аналізує шум, що сприймається людським вухом, а другий призначений

для роботи з піковими рівнями сигналів. Прилад здатний автоматично вибирати діапазон вимірювань і має внутрішню пам'ять на 32600 значень, що дає можливість без праці порівняти результати, отримані протягом тривалого проміжку часу. Для збереження даних в пам'ять комп'ютера передбачений порт USB, а зробити якісний аналіз дозволить спеціальне програмне забезпечення, що входить в комплект поставки. Доповнює все це широкий набір функцій, що включає можливість виміру мінімального і максимального значення, вибір швидкості вимірювань і проведення калібрування. Пристрій може харчуватися як від батареї 9В, так і від адаптера. Якщо вам необхідний надійний і точний шумомір, здатний якісно виконувати свою роботу в будь-яких умовах, то VOLTcraft SL-451 буде оптимальним вибором.

Переваги та особливості цифрового шумоміра Voltcraft SL-451:

- Підсвічування дисплея (включається в ручну, а вимикається автоматично)
- Пило і вологозахисний прогумований корпус
- USB інтерфейс - шумомір може виступати в якості даталогера
- Можливість після заводського калібрування
- Харчування від Крона або від мережі через адаптер (йде в комплекті)
- Дата й час
- Пам'ять на 32600 вимірів
- Режими FAST (0,125 с) і SLOW (1 с)
- Різьба для кріплення на штативі

Технічні характеристики цифрового шумоміра Voltcraft SL-451:

- Діапазон вимірювань: 30-130dB
- Похибка: $\pm 1.4\text{dB}$
- Дискретність: 0,1dB
- Діапазон частот: 31.5Hz - 8000Hz
- Ціна: 16810.30 грн

Даний шумомір має маленьку похибку та досить великий діапазон вимірювань. Тим не менш, дорожче в сім разів та не задовольняє вимогу щодо вимірювання частоти звукових коливань.

1.4 Висновки до розділу та постановка задач магістерської роботи

Виходячи з інформації яка була описана в минулих підрозділах, а також базуючись на вимогах, які необхідні для забезпечення безпечних умов життєдіяльності людини в Україні, котрі, в свою, чергу регулюються наказом МОЗ від 22.02.2019 № 463 про санітарні норми допустимих рівнів шуму на територіях житлових будинків, житлових та громадських приміщеннях чи будинках. Стає можливим формування завдання для даної магістерської роботи.

Головна задача – це розробити структуру вимірювального приладу для вимірювання рівня шуму при окремій частоті, за для забезпечення санітарних норм, який буде використаний для організації вимірювання спектральних складових рівня шуму в приміщенні. Розробити програмне забезпечення з можливістю зберігати виміряні дані на сервері та відображати їх за потреби.

2. СТРУКТУРА АНАЛІЗАТОРА СПЕКТРАЛЬНИХ СКЛАДОВИХ РІВНІВ ШУМУ В ПРИМІЩЕННІ

Для того, щоб прилад відповідав головному завданню доцільно розробити пристрій з наступною структурою (рисунок 2.1):

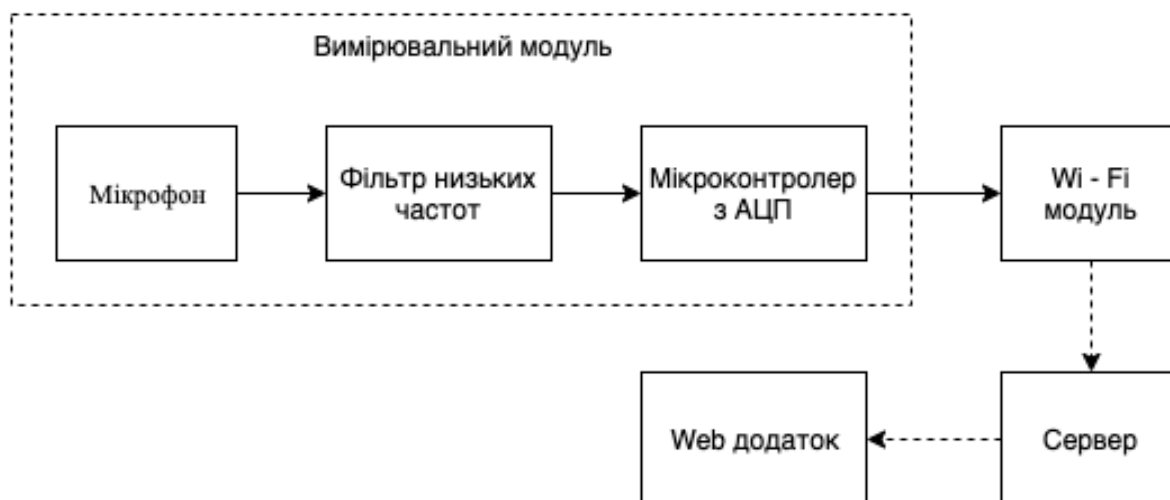


Рисунок 2.1 – Структура аналізатора спектральних складових рівня шуму в приміщенні

2.1 Опис структури та принцип її роботи

Аналізатор спектральних складових рівня шуму в приміщенні структура якого змодельована на рисунку 2.1 має такі наступні компоненти:

- вимірювальний модуль, котрий в свою чергу складається з:
 - мікрофон;
 - фільтр низьких частот (ФНЧ);
 - мікропроцесор з аналогово-цифровим перетворювачем(АЦП);
- Wi - Fi модуль;
- сервер;
- Web – додаток.

Кожен з перерахованих елементів, має свою, досить важливу та унікальну роль.

Вимірювальний модуль виконує роль приладу, котрий вимірює звуковий тиск та передає оцифровані значення на сервер.

Рівень звуку вимірюється за допомогою мікрофону, який вбудований до вимірювального модулю. Він робить це через перетворення акустичних коливань в електричний сигнал. Це відбувається за допомогою ємності конденсатора, яка змінюється з різною частотою та впливає на мембрану звукового тиску. Таким чином буде з'являтися змінний струм тої самої частоти в електричному колі. На опорі навантаження з'явиться змінна напруга, яка і є вихідним сигналом з мікрофона.

Отриманий сигнал переходить до фільтру низьких частот. Цей фільтр придушує високочастотні складові сигналу, пропускаючи низько частотні. Це необхідно для уникнення явища накладання високочастотних складових спектру при подальшій дискретизації сигналу, що може суттєво вплинути на результати його аналізу.

Згладжений сигнал з ФНЧ прямує до аналого-цифрового перетворювача (АЦП), який є однією з основних частин мікроконтролера. Його задача полягає в перетворенні напруги – аналоговий сигнал, в двійковий код – цифровий сигнал, який в подальшому буде контролюватися мікроконтролером.

Завдання мікроконтролера – обробка вхідного, цифрового сигналу, до такого виду, який можна опрацювання на місці, тобто в самому елементі або передати дані, які не несуть смислового навантаження, далі, на сервер або сервер додатків.

Дані з мікроконтролеру до серверу повинні передаватися. Більш сучасним та, в цілому, зручним є метод передачі інформації за допомогою Wi – Fi модулю, котрий може бути підключеним до мікроконтролеру.

Сервер додатків - це фреймворк або програмна платформа, що призначена для ефективного виконання процедур (скриптів, програм), на яких побудовані додатки. Сервер додатків діє як набір компонентів, доступних розробнику програмного забезпечення через API (інтерфейс прикладного програмування), певний самої платформою.

Відображенням ключових даних буде займатися Web-додаток. Web-додаток – це клієнт, який взаємодіє з сервером додатків за допомогою браузера. Логіка web-додатку розділена між сервером і клієнтом, зберігання даних здійснюється сервером, а відображення клієнтом.

2.2 Розрахунок спектральних складових

Обрахування спектрального складу рівня шуму в приміщенні передбачає здійснення швидкого перетворення Фур'є, так як це дозволяє виключити використання смугових фільтрів. Для побудови процесу знаходження спектральних складових є два варіанти, виходячи з присутніх в дипломній дисертації даних.

Перший підхід передбачає застосування алгоритму швидкого перетворення Фур'є та розрахування гармонічних складових на сервері. Такий підхід спрощує задачу для вибору мікроконтролера, бо вимоги до нього зменшуються, а це здешевлює систему.

Другий варіант передбачає використання дорогих мікроконтролерів, з більшою вимірювальною потужністю. Це потрібно для того, щоб виконувати алгоритм швидкого перетворення Фур'є безпосередньо в ньому, а тільки потім передавати отримані гармонічні складові на сервер.

Тому другий підхід не є релевантним.

Важливою перевагою максимального можливого використання серверу є – можливість побудови мікросервісної архітектури. Це означає, що кожен процес буде виконуватися окремим сервісом. Отримання даних з зовнішнього ресурсу – 1 сервіс, обробка за допомогою застосування алгоритму швидкого перетворення Фур'є – 2 сервіс, збереження даних до системи управління базами даних (СУБД) та зчитування – 3 сервіс. Відображення даних web-додатком – 4 сервіс. Це збільшує надійність побудованої системи тим, що надає їй можливість змінити реалізацію будь-якого сервісу без впливу на інші. Більш того, сам вимірювальний модуль також можна вважали окремим сервісом, в рамках даної структури приладу.[8]

2.3 Види та основні параметри окремих складових

2.3.1 Мікрофон

Мікрофони характеризуються такими параметрами:

- нерівномірністю частотної характеристики - це різниця мінімального та максимального рівнів чутливості мікрофона;
- чутливістю мікрофона - це відношення впливаючого на нього звукового тиску при обраній частоті до напруги на виході мікрофона. Більше значення означає, що мікрофон чутливіший;
- номінальним діапазоном робочих частот – це діапазон частот, де нормуються його параметри та в якому мікрофон краще сприймає акустичні коливання;
- динамічним діапазоном мікрофона. Різниця між самим гучним та тихим сигналами, який мікрофон може відтворювати без спотворень;
- модулем повного електричного опору - нормоване значення внутрішнього та/або вихідного електричного опору на частоті 1 кГц;
- характеристикою спрямованості, що являє собою залежність чутливості компонента від кута між напрямком на джерело звуку та віссю мікрофона.
- рівнем власного шуму мікрофона, який виражається в децибелах відношення ефективного значення напруги, обумовленого тепловими шумами різних опорів мікрофона та флуктуаціями тиску в навколишньому середовищі, до напруги, яка розвивається мікрофоном.[2]

Існують наступні види мікрофонів, які розрізняються способами перетворення:

- конденсаторні;
- електретні;
- динамічні мікрофони (котушкового типу и стрічкового типу);

- вугільні;
- оптоакустичні;
- п'єзоелектричні.

2.3.2 Фільтр низьких частот

Фільтр низької частоти (ФНЧ, low-pass filter) - це пристрій, переважна частоти сигналу вище частоти зрізу даного фільтра. На малюнку приведена амплітудно-частотна характеристика типового ФНЧ. Одиниці умовно привласнена максимальна амплітуда сигналу, точка з амплітудою 0,7 (-3 дБ) відповідає частоті зрізу ФНЧ, щодо якої проводиться розрахунок ФНЧ за більшістю існуючих методик. Від нульової частоти до частоти зрізу ФНЧ знаходиться смуга частот пропускання, праворуч - смуга частот придушення (затримання).

Придушення високочастотних складових частот сигналу призводить до придушення деталей сигналу з великими швидкостями наростання. ФНЧ завжди згладжує сигнал, вносячи власну затримку фільтра. Постійну складову сигналу ФНЧ завжди пропускає.[3]

ФНЧ традиційно застосовують для поліпшення сигнал / шум сигнального тракту за рахунок придушення перешкод з частотами вище, ніж верхня межа смуги частот інформаційного сигналу. ФНЧ також широко застосовують для придушення високочастотних перешкод в ланцюгах харчування і сигнальних ланцюгах з метою забезпечення електромагнітної сумісності апаратури.

ФНЧ можуть бути як аналогові, так і цифрові.

Аналогові ФНЧ бувають активними (вимагають додаткової енергії харчування для своєї роботи) і пасивними (не вимагають додаткової енергії харчування). Активний аналоговий ФНЧ використовує мікроелектронну технологію (типово: операційні підсилювачі), пасивний аналоговий ФНЧ може бути зроблений як на пасивних електронних компонентах (RC-фільтр, RLC-фільтр), так і з використанням п'єзоефекту, кварцових резонаторів, об'ємних резонаторів і інших фізичних резонансних принципів .

Цифрові ФНЧ (фільтр цифрового сигналу) - це велике сімейство обчислювальних алгоритмів ЦГЗ. Принципово цифровий фільтр може бути рекурсивним (із зворотними зв'язками в своєму алгоритмі) і нерекурсивним (без зворотних зв'язків). Принципово, що АЧХ цифрового фільтра на частотній осі періодична: зокрема, вище половини частоти дискретизації починається дзеркальна АЧХ цифрового фільтра.

Основні характеристики фізично реалізованого ФНЧ:

- частота зрізу;
- нерівномірність у смузі частот пропускання, амплітудно-частотна характеристика (АЧХ) ;
- групова затримка фільтра, фазочастотна характеристика (ФЧХ) ;
- динамічний діапазон;
- робочий діапазон сигналу в смузі частот пропускання;
- робочий діапазон сигналу в смузі частот придушення.

На останній характеристиці варто зупинитися окремо, оскільки вона досить підступна. Будь фізично реалізований фільтр завжди має реальний кінцевий діапазон сигналу, при якому він здатний коректно виконувати свою функцію. При перевищенні цього діапазону, в залежності від технології фільтра, може наступити обмеження, складне спотворення сигналу та інші нелінійні ефекти. Але на практиці дані ефекти легко ідентифікувати в смузі пропускання ФНЧ, але досить важко діагностувати в смузі придушення, оскільки значна частина спотвореного сигналу ефективно пригнічується, а інша частина - може викликати дивні ефекти. Таким чином, щодо не перевищення робочого діапазону сигналу в смузі придушення потрібно пам'ятати в реальних умовах застосування ФНЧ.

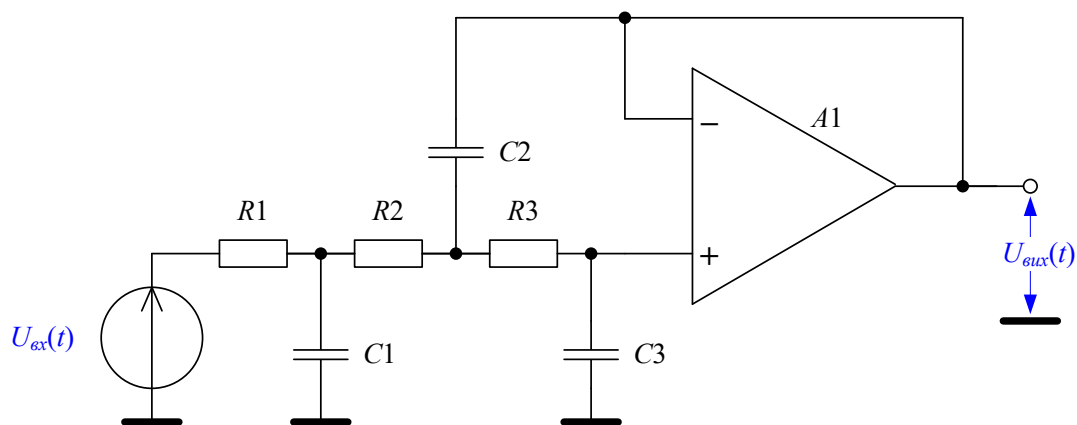


Рисунок 2.2 – Схема активного ФНЧ 3-го порядка за структурою Саллен-Ки

Модель фільтру розрахованого на частоту 12 кГц в програмному середовищі OrCAD:

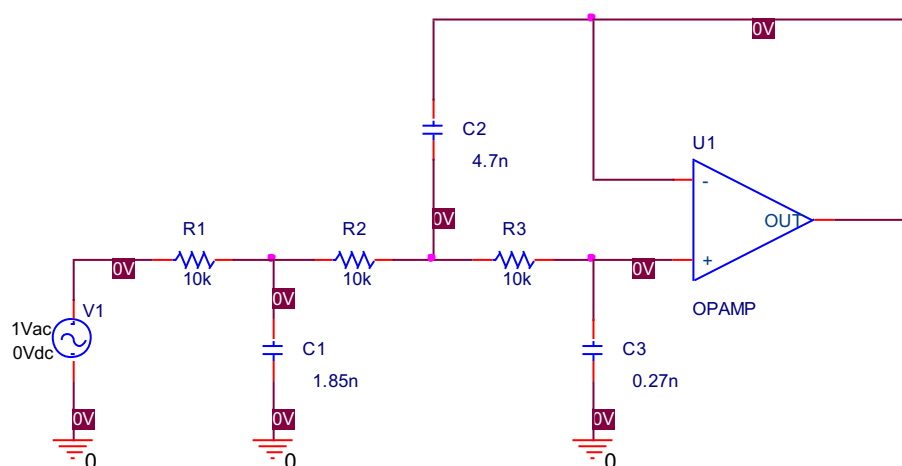


Рисунок 2.3 – Модель фільтру розрахованого на частоту 12 кГц

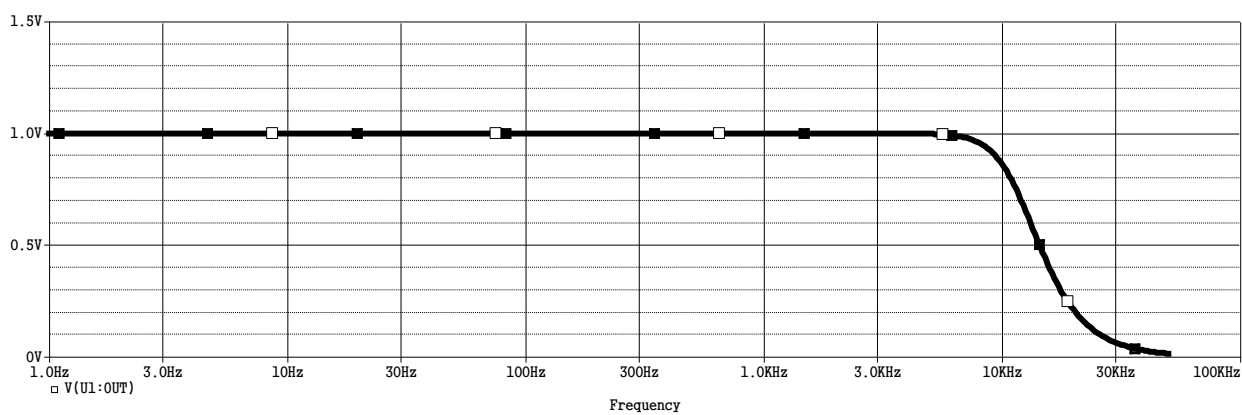


Рисунок 2.4 – Розрахунок АЧХ для фільтру

2.3.3 Мікроконтролер з АЦП

Мікроконтролер працює за допомогою коду, який записується до його пам'яті. Записаний код являє собою команди, котрі спочатку будуть зчитані мікроконтролером та з рештою – виконані.

Тим не менш, одного мікроконтролера не достатньо, бо він не може працювати з аналоговим сигналом. Для цього, частиною мікроконтролеру має бути АЦП. Бо саме завдяки аналого-цифровому перетворювачу, мікроконтролер може оперувати аналоговими сигналами.

Для даної магістерської дисертації необхідний мікроконтролер, який зможе зчитувати сигнал з мікрофону з досить великою швидкістю, та з досить великою частотою дискретизації в АЦП. Це потрібно, бо згідно з правилом Нюквеста або теоремою Котельникова, частота дискретизації повинна бути більша максимальної частоти зчитуваного звуку в два рази або, навіть, більше. Якщо ця умова не буде виконана, то при обробці даних будуть пропускатися «впадини» або «найвищі значення» звукової хвилі, як результат, реальна частота буде значно більше за ту, яка була виміряна.[4]

Аналого-цифровий перетворювач - пристрій, що перетворює вхідний аналоговий сигнал в цифровий код. Під аналоговою величиною мається на увазі струм, напруга, опір, ємність, частота, і так далі. На виході АЦП ми отримуємо цифрове представлення вхідної величини. Однак АЦП мікроконтролера може вимірювати тільки напруга. Тому будь-яку іншу величину, наприклад струм, перед виміром необхідно перетворити в напругу.

Існують наступні типи АЦП:

- АЦП прямого перетворення (паралельний АЦП);
- послідовно-паралельні АЦП;
- АЦП послідовного наближення (з порозрядним урівноваженням);
- АЦП диференціального кодування;
- АЦП порівняння з пилкоподібним сигналом;
- АЦП з урівноваженням заряду;
- АЦП з проміжним перетворенням в частоту проходження;

- імпульсів;
- сигма-дельта АЦП.

Для охарактеризування АЦП існують статичні та динамічні параметри, які можуть бути використані.

Динамічні параметри це:

- ампертурний час. Це часовий інтервал, за який сигнал встигає відключитися від конденсатора зберігання з моменту отриманої команди зберігання;
- час перетворення;
- максимальна частота дискретизації.

Статичні:

- вхідний опір;
- похибка при перетворенні постійного струму;
- абсолютне значення та полярність вхідної напруги;
- абсолютна роздільна здатність.

2.3.4 Wi – Fi модуль

Wi - Fi – це сучасна технологія, яка може використовуватися для створення безпроводних високошвидкісних локальних мереж. Область застосування – це будь-яка дія зв'язана з мережею для виходу в Інтернет, для передачі відео або аудіо інформації за допомогою безпроводної мережі та таке інше.[5]

Сучасний світ використовує такі стандарти мережі Wi-Fi:

- 802.11n - 600 Мбіт / с, 2,4-2,5 ГГц або 5 ГГц.
- 802.11g - 54 Мбит / с, 2,4 ГГц;
- 802.11b - 5,5 і 11 Мбіт / с, 2,4 ГГц;
- 802.11a - 54 Мбіт / с, 5 ГГц;
- 802.11 - 1 Мбіт / с і 2 Мбіт / с, 2,4 ГГц;

На початку списку стоїть найбільш сучасна, швидка версія. В самому кінці – найдавніша версія, та найповільніша з перерахованих.

Впорядкування та групування точок доступу в одну систему, один зі способів класифікації:

- Автономні точки доступу (називаються також самостійні, децентралізовані, розумні);
- легковагі або централізовані – це точки доступу, які працюють та контролюються управлінням контролера;
- безконтрольні, ці точки керуються, але не за допомогою контролера та не автономно;

Також можливо виокреми 3 бездротові локальні мережі, які відрізняються способами організації, управління радіоканалами:

- Зі статичними настройками радіоканалів;
- З динамічними (адаптивними) настройками радіоканалів;
- З «шаруватої» або багатоваровою структурою радіоканалів.

Наступні параметри є важливими для Wi – Fi модулю:

- потужність передавача;
- чутливість приймача;
- ширина полоси;
- посилення антени;
- кут антени та ширина променю;

2.3.5 Сервер

Сервер - це як безпосередньо комп'ютер, так і програмне забезпечення, яке виконує функції веб-сервера та працює на даному комп'ютері.

Сервер додатків - це фреймворк або програмна платформа, що призначена для ефективного виконання процедур (скриптів, програм), на яких побудовані додатки. Сервер додатків діє як набір компонентів, доступних розробнику програмного забезпечення через API (інтерфейс прикладного програмування), певний самої платформою.

Для веб-додатків основне завдання компонентів сервера - забезпечувати створення динамічних сторінок. Однак сучасні сервери додатків включають в

себе і підтримку кластеризації, підвищену відмовостійкість, балансування навантаження, дозволяючи таким чином розробникам сфокусуватися тільки на реалізації бізнес-логіки.

Успіх роботи залежить від якості сервера та його можливостей виконувати задачі які мають бути поставлені. Саме від цих задач і потрібно обирати сервер.[6]

Основними характеристиками сервера є:

- продуктивність, яка є залежною від наступних показників:
 - продуктивність та тип процесору;
 - об'єму та типу оперативної пам'яті;
 - продуктивності дискової підсистеми, яка відповідальна за зберігання інформації;
- керованість системи, це означає, що повинні бути організовані функції які допомагають робити діагностику та надають доступ віддаленого моніторингу за системою;
- масштабованість. Це параметр який дозволяє збільшити продуктивність серверу, яка відповідальна за обчислювальні операції які робить операційна система.

2.3.6 Web - додаток

Web - додаток – клієнт-серверний додаток, де клієнт взаємодіє з веб-сервером за допомогою браузера. Логіка веб-додатки розділена між сервером і клієнтом, зберігання даних здійснюється сервером. Важливою перевагою є можливість клієнта бути позбавленим від конкретної операційної системи користувача. Ця можливість називається – cross - platform.

Веб-додаток складається з серверної та клієнтської частин, тим самим реалізуючи технологію «клієнт-сервер».

Клієнтська частина реалізує інтерфейс для користувача, формує запити до сервера і обробляє відповіді від нього. В свою чергу серверна частина отримує

запит від клієнта та виконує обчислення, після цього формує веб-сторінку, відправляє її клієнту за допомогою використання протоколу HTTP.

Поміж всього перерахованого, Web - додаток може бути клієнтом для інших програм. Наприклад, бази даних або для іншого Web - додатку, який знаходить на іншому сервері. Гарним прикладом Web - додатку є система управління вмістом статей Вікіпедії: велика кількість її учасників можуть брати участь у створенні мережевої енциклопедії, користуючись для цього браузерами своїх різноманітних операційних систем, не завантажуючи при цьому додаткові модулі для роботи з базою даних статей.

Також останнім часом велику популярність набирає технологія WebSocket, вона позбавляє сервер від постійних запитів до клієнт – за допомогою створення тунельного з'єднання, при якому сервер може відправляти дані клієнту без запиту від того самого клієнта. Таким чином з'являється можливість в динамічному управлінні контентом в реальному часу.[7]

Для створення сервера на стороні веб-додатків, використовуються різноманітні технології та мови програмування, які здатні здійснювати вивід в стандартну консоль.

Далі буде приведений список із принципів для створення сучасних Web – додатків:

- рендеринг сторінок на сервері;
- негайна відповідь на дії користувача;
- реакція на зміну даних;
- контроль обміну даними з сервером;
- передбачення поведінки кінцевого користувача.

2.4 Вибір датчика звуку

Вибір датчика звуку є досить відповідальним заняттям, бо саме від цього датчика залежить правильність отриманих даних, які в результаті будуть

оброблятися в програмній частині аналізатора спектральних складових рівня шуму в приміщенні. Є наступні кандидати:

- датчика звуку від WAVESHARE
- універсальний звуковий датчик (аналог і цифра)
- модуль датчика звуку LM393.

2.4.1 Характеристика та детальний опис модуля датчика звуку з компаратором LM393



Рисунок 2.3 — Модуль датчика звуку з компаратором LM393

Модуль датчика звуку LM393 – це аналоговий датчик для визначення рівня звуку. Датчик дозволяє не тільки зафіксувати сам звук чи шум, але також і виміряти його інтенсивність. Результатом вимірювань є аналоговий сигнал з напругою від 0 до 5V, який є пропорційним інтенсивності шуму.

Характеристики:

- Інтерфейс: аналоговий
- Струм споживання сенсора звуку: 1.4mA
- Напруга живлення звукового датчика: від 2.7V до 5.5V
- Робоча температура: від -30 ° C до + 85 ° C
- Підключається безпосередньо до мікроконтролера
- Ціна: від 40 до 70 грн

2.4.2 Характеристика та детальний опис універсального звукового датчика (аналог і цифра)

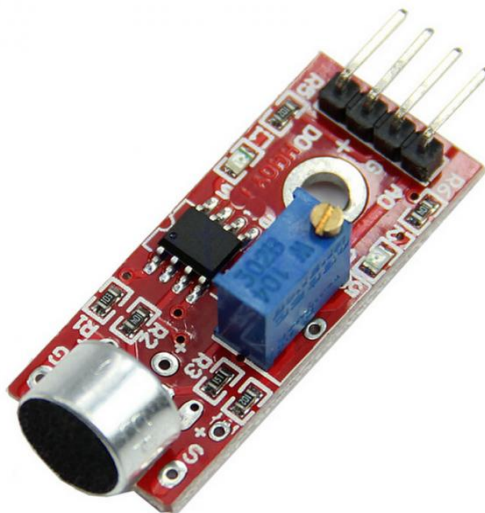


Рисунок 2.4 — Універсальний звуковий датчик (аналог і цифра)

Універсальний звуковий модуль призначений для виявлення звуку і визначення порогового значення звуку. Вбудований компаратор напруги, чутливий мікрофон, цифровий та аналоговий виходи роблять цей модуль зручним для застосування в робототехніці та в системі SMART house. Регулюється поріг спрацьовування компаратора потенціометром.

Технічні характеристики:

- Компаратор: LM393
- Аналоговий вихід напруги з мікрофона
- Цифровий вихід порогового компаратора
- Напруга живлення: від 3.3В до 5.5 В
- Робоча напруга: 4-6В

2.4.3 Характеристика та детальний опис модулю датчика звуку від Waveshare

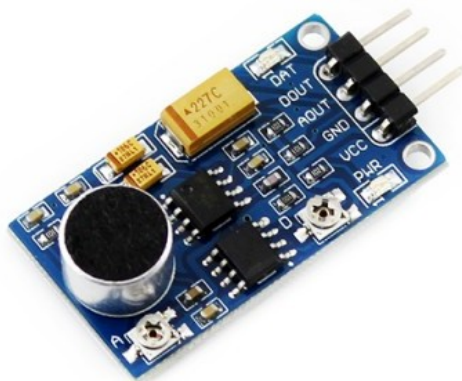


Рисунок 2.5 — Модуль датчика звуку від WaveShare

Модуль датчика звуку від WaveShare побудований на компаратора LM393 і звуковому підсилювачі мікрофона LM386, і служить для отримання інформації про звуковому тлі навколишнього середовища в мікроконтролер або аналоговий виходи для оцінки і вимірювання його інтенсивності або використання для підключення до звукового підсилювача через цифровий. Поріг спрацьовування та коефіцієнт посилення регулюються змінними резисторами на платі.

Технічні характеристики:

- Операційний підсилювач: LM386
- Чутливість мікрофона: 52dB
- Напруга живлення: 3.3В ~ 5.3Вч
- Частотний діапазон: 50Гц ~ 20КГц
- Коефіцієнт посилення: 200

2.4.4 Висновок

Ознайомившись із датчиками для вимірювання рівня шуму. Було виявлено два найбільш відповідних для даного проекту датчика, а саме універсальний звуковий датчик (аналог і цифра) та модуль датчика звуку LM393. Вони мають однакову структуру та схожі характеристики, єдиною

відмінністю — є ціна. Тому доцільно вибрати більш дешевий - універсальний звуковий датчик (аналог і цифра).

2.5 Вибір мікроконтролера та Wi-Fi модуля

З метою пришвидшення та спрощення побудови аналізатора спектральних складових рівня шуму в приміщенні є сенс в використанні мікроконтролера з вбудованим Wi-Fi модулем. Котрий необхідний для можливості передачі даних за допомогою Wi-Fi на сервер. При обиранні потрібного компоненту було декілька варіантів, а саме:

- Wi-Fi модуль ESP8266 ESP-01S;
- Wi-Fi модуль ESP-01

Для програмування вище перерахованих модулів необхідно використовувати USB перехідник для програмування та налагодження модулів ESP-01 і ESP-01S

- Esp8266 NodeMcu v3.

2.5.1 Характеристика та детальний опис Wi-Fi модулю ESP-

01

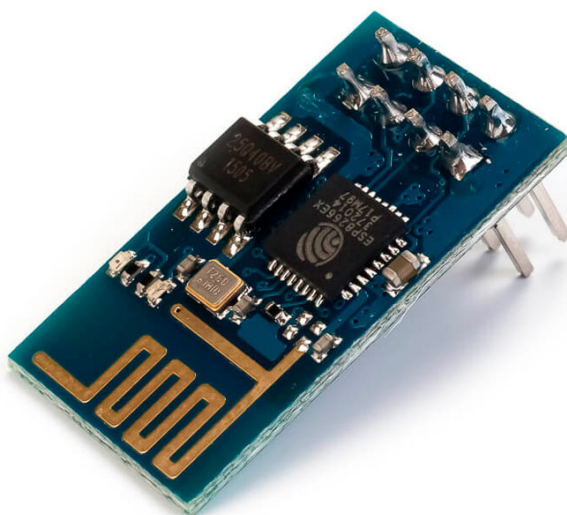


Рисунок 2.6 – Wi-Fi модуль ESP-01

Wi-Fi модуль ESP-01 – один із варіантів збірки модулю із серії ESP8266. Через UART з'єднання здійснюється приєднання до комп'ютеру або

мікроконтролеру, вказівки до виконання конкретних дій здійснюється за допомогою набору AT-команд. Модуль ESP-01 найчастіше використовують в пристроях інтернету речей.

Технічні характеристики:

- Wi-Fi 802.11 b / g / n
- Режими WiFi: клієнт, точка доступу
- Вихідна потужність - 19,5 дБ
- Напруга харчування - 1.8 -3.6 В
- Струм споживання - 220 мА
- Портів GPIO: 4
- Тактова частота процесора - 80 МГц
- Об'єм пам'яті для коду
- Оперативна пам'ять - 96 КБ
- Розміри - 13 × 21 мм

2.5.2 Характеристика та детальний опис Wi-Fi модуля ESP8266 ESP-01S



Рисунок 2.12 – Wi-Fi модуль ESP8266 ESP-01S

Wi-Fi модуль ESP8266 версії ESP-01S який базується на мікросхемі ESP8266EX, має вбудований стек протоколу TCP/IP. Управління здійснюється

за допомогою AT-командами. Чіп створений та найчастіше використовується для mesh-мереж, бездротових сенсорів, розумних розеток і таке інше.

Модуль можна використовувати двома способами:

1. через міст UART-WIFI, модуль ESP8266 єднається з існуючим рішенням на базі будь-якого іншого мікроконтролера, забезпечуючи зв'язок з інфраструктурою через мережевий протокол Wi-Fi;
2. нове рішення – сам чіп ESP8266 буде використаний як керуючий мікроконтролер.

Згідно обґрунтованого рішення на початку цього розділу, відмінно підходить спосіб використання номер 2.

Технічні характеристики:

- підтримка WiFi протоколів 802.11 b / g / n
- Wi-Fi Direct (P2P), soft-AP
- вбудований стек TCP / IP
- вбудований TR перемикач, balun, LNA, підсилювач потужності і відповідність мережі
- вбудований PLL, регулятори, і система управління живленням
- вихідна потужність +19.5 дБм в режимі 802.11b
- пам'ять програм: 1 МБайт
- SDIO 2.0, SPI, UART
- STBC, 1x1 MIMO, 2x1 MIMO
- пробудження і відправка пакетів: до 22 мс
- споживання в режимі Standby до 1.0 мВт (DTIM3)

2.5.3 Характеристика та детальний опис USB перехідник для програмування та налагодження модулів ESP-01 і ESP-01S



Рисунок 2.12 – USB перехідник для програмування та налагодження модулів ESP-01 і ESP-01S

Модуль USB-перехідника для програмування і налагодження Wi-Fi модулів ESP-01 і ESP-01S на базі мікросхеми CH340G. Даний модуль містить весь необхідну інтерфейс для коректної роботи програмованих модулів. Для вибору режиму роботи на платі встановлений перемикач режиму роботи.

Програмувати і завантажувати прошивки можна через Arduino IDE версії вище 1.6.5.

Характеристики:

- Робоча напруга: 4.5-5.5 В
- Макс. ток: 300 мА
- Перемикач режиму роботи:
 - режим налагодження
 - режим програмування
- USB перетворювач: CH340G
- Напруга логічних рівнів: 3.3 В

2.5.4 Характеристика та детальний опис Esp8266 NodeMcu v3

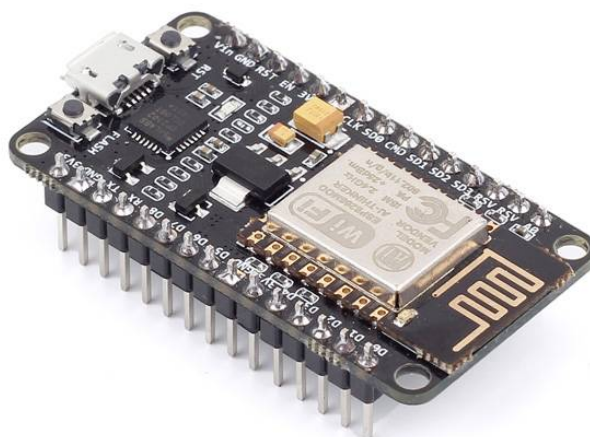


Рисунок 2.13 – Esp8266 NodeMcu v3

Esp8266 NodeMcu v3 – це плата розробника на базі чіпа ESP8266 (версія ESP12E). Вона являє собою UART-WiFi модуль з дуже низьким споживанням енергії. Чіп робився для пристроїв які найчастіше використовуються в пристроях інтернету речей. Дана плата поставляється з прошивкою NodeMCU, що дозволяє завантажувати та програмувати прошивки можна через Arduino IDE версії вище 1.6.5.

Технічні характеристики модуля:

- Підтримує Wi-Fi протокол 802.11 b / g / n;
- Підтримувані режими Wi-Fi - точка доступу, клієнт;
- Вхідна напруга 3,7 В - 20 В;
- Робоча напруга 3В-3,6;
- Максимальний струм 220мА;
- Вбудований стек TCP / IP;
- Діапазон робочих температур від -40С до 125С;
- 80 МГц, 32-бітний процесор;
- Час пробудження і відправки пакетів 22МС;
- Вбудовані TR перемикач і PLL;
- Наявність підсилювачів потужності, регуляторів, систем управління живленням.

Існує кілька поколінь плат NodeMcu - V1 (версія 0.9), V2 (версія 1.0) і V3 (версія 1.0). Позначення V1, V2, V3 використовуються при продажу в інтернет-магазинах. Нерідко відбувається плутанина в платах - наприклад, V3 зовні ідентична V2. Також всі плати працюють за принципом open-source, тому їх можуть виробляти будь-які фірми.

2.5.5 Висновок

Ознайомившись із мікроконтролерами з вбудованими Wi-Fi модулями був обраний наступний - esp8266 NodeMcu v3. Причиною вибору є наявність мікроконтролера та Wi-Fi модуля в одній готовій платі, при цьому дана плата виконую всі поставленні вимоги. Важливим зауваження до інших мікроконтролерів є необхідність використання окремого модуля, для їх програмування, це досить серйозно ускладнює їх використання.

2.6 Висновки до розділу

В даному розділі була детально розібрана структура аналізатора спектральних складових рівня шуму в приміщені. Обраний підхід, де саме буде використано алгоритм швидкого перетворення Фур'є. Окремо розглянуті кожен із елементів, який присутній в структурі. Обраний мікрофон та мікропроцесор.

3. РОЗРОБКА ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ДЛЯ РОЗРАХУНКУ РІВНІВ ЗВУКУ В РІЗНИХ ЧАСТОТНИХ ДІАПАЗОНАХ

Даний розділ присвячений розробці програмного забезпечення для магістерської дисертації.

3.1 Програмне забезпечення мікроконтролера

Для програмування мікроконтролеру найкраще використовувати Arduino IDE, ця програма має широкий вибір плат, під які дозволяє програмувати.

Програмне забезпечення мікроконтролера передбачає відправку вимірних даних на сервер. Але до цього кроку є ряд не менш важливих завдань, які мають бути вирішені.

Для можливості вимірювання звукового тиску необхідно підключити звуковий модуль з мікрофоном до мікроконтролеру. Потрібно з'єднати відповідні піни один з одним та прописати наступну команду для зчитування аналогового сигналу:

```
value = analogRead(number_of_pin);
```

Де `number_of_pin` – номер піну, котрий використовується для зчитування аналогового сигналу мікроконтролером зі звукового модуля, а `value` – значення котре було отримане.

Основна ідея передбачає вимір спектральних складових рівня саме монотонного шуму, тому постійна передача даних не є необхідною. Достатньо налаштувати збір та відправку масиву даних один раз 2 чи 5 секунд. Щоб виконати подібну операцію бажано використовувати наступні функції, доступ до яких дає Arduino IDE:

```
#define TIME_TO_SEND_REQUEST 2000
```

```
delay(TIME_TO_SEND_REQUEST);
```

За допомогою команди `define` створимо змінну з часом повторювання вимірювання.

Функція `delay` призупиняє програму на кількість заданих в параметрі мілісекунд, 1 секунда – це 1000 мілісекунд.

Оскільки якість та точність є важливими для даної роботи, потрібно робити досить велику кількість вимірювань з конкретною частотою дискретизації.

Для більшої точності частота дискретизації повинна бути 44100. Кількість вимірів з цією частотою буде – 1024.

Тобто, мікроконтролер повинен робити 1024 виміри з частотою 44100 вимірів в секунду та відправляти ці дані до серверу 1 раз на 2 – 5 секунд.

```
#define ARRAY_SIZE 1024
```

Повторно застосуємо команду `define` та створимо змінну з кількістю потрібних вимірювань.

Відправка даних на сервер здійснюється за допомогою Wi – Fi модуля. Щоб підключити обраний раніше модуль потрібно імпортувати наступні бібліотеку в код:

```
// Імпортуємо необхідні бібліотеки
#include <ESP8266WiFi.h>
#include <WiFiClient.h>
#include <ESP8266WebServer.h>
#include <ESP8266HTTPClient.h>
#include <ArduinoJson.h>
```

Наступний крок – це підключення до існуючої Wi -Fi мережі, для цього потрібно ініціалізувати ім'я мережі та пароль до неї:

```
#define WIFI_SSID "wifi_name";
#define WIFI_PASSWORD "wifi_password";
```

Наступною командою виконується підключення до вказаної мережі:

```
WiFi.begin(WIFI_SSID, WIFI_PASSWORD);
```

Обов'язково потрібно додати перевірку підключення до мережі, її можна виконати наступним шляхом:

```
Serial.print("З'єднання");
while (WiFi.status() != WL_CONNECTED) {
  delay(500);
  Serial.print(".");
}
Serial.println();
Serial.print("З'єднано, IP адреса: ");
Serial.println(WiFi.localIP());
```

Також потрібно знати хост та порт сервера для відправки вимірних значень:

```
#define HOST "host_address"
#define LISTEN_PORT port_number
```

Підключення до вказано хоста відбувається за допомогою наступних команд:

```
HTTPClient http; // Створимо об'єкт класу HTTPClie
http.begin("your_host"); // Специфікуємо кінцеву точку для
реквеста
http.addHeader("Content-Type", "application/json"); //
Специфікуємо content-type заголовки
```

Кінцевим етапом програмування мікроконтролера є відправка масиву значень на сервер:

```
int httpCode = http.POST(serializeJson(staticJsonDocument,
Serial)); // Відправка реквеста
```



```
String payload = http.getString();
// Отримання відповіді у вигляді payload
Serial.println(httpCode); // Друк HTTP кода який був
отриманий
Serial.println(payload); // Друк відповіді на запит у вигляді
payload
http.end(); // Закриваємо з'єднання
```

де `staticJsonDocument` змінна, котра є масивом з 1024 вимірами, цю змінну потрібно привести до JSON виду, бо це спрощує подальшу передачу даних на сервер.

3.2 Програмне забезпечення сервера

Реалізація серверної частини є важливим питанням, тому вибір інструменту, а саме мови програмування, за допомогою якої буде виконана реалізація не менш важливий. Згідно з вимогами які були поставлені до приладу, є необхідність максимально швидкого створення серверу з подальшою можливістю написання та використання алгоритму швидкого перетворення Фур'є, при цьому сервер повинен мати можливість підключення до бази даних за для збереження обробленої інформації.

Базуючись на вище перерахованих вимогах, вважаю, що відмінно підійде наступна мова програмування – Ruby, у зв'язці з фреймворком Ruby on Rails. Котрий дозволяє створювати простий та, найголовніше, працюючий сервер за допомогою кількох команд.

Сервер приймає запит з масивом виміряних мікрофоном та оброблених АЦП даних. Отримуючи блок таких даних, серверу необхідно визначити спектральні складові сигналу за допомогою швидкого перетворення Фур'є. За винятком даних сигналу, серверу необхідно знати розмір масиву та частоту дискретизації. Дані цих величин в нашому випадку стали, а саме, кількість вимірів або розмір масиву даних – 1024, частота дискретизації – 44100. Знаючи ці змінні, можливо зберегти їх як константи на стороні серверу, що і буде зроблено.

Приклад реалізації алгоритму швидкого перетворення Фур'є мовою програмування Ruby:

```
def fft(buffer)
  # програма закінчує виконання якщо кількість вимірювань
не парна
  raise Exception if buffer.length % 2 != 0

  # створення реальної складової
  real = Array.new(buffer.length)

  # створення уявної складової
  imag = Array.new(buffer.length)

  (0...buffer.length).each do |i|
    real[i] = buffer[@reverse[i]]
    imag[i] = 0.0
  end

  # тут починається секція алгоритму Danielson-Lanczos
  halfsize = 1
  while halfsize < buffer.length

    phase_shift_step_real = @cos_lookup[halfsize]
    phase_shift_step_imag = @sin_lookup[halfsize]

    current_phase_shift_real = 1.0
    current_phase_shift_imag = 0.0

    (0...halfsize).each do |fft_step|
      i = fft_step
      while i < buffer.length
        off = i + halfsize

        tr = (current_phase_shift_real * real[off]) -
(current_phase_shift_imag * imag[off])
        ti = (current_phase_shift_real * imag[off]) +
(current_phase_shift_imag * real[off])

        imag[off] = imag[i] - ti
        real[off] = real[i] - tr

        imag[i] += ti
        real[i] += tr

        i += halfsize << 1
      end

      tmp_real = current_phase_shift_real
```

```

        current_phase_shift_real      =      (tmp_real      *
phase_shift_step_real)      -      (current_phase_shift_imag      *
phase_shift_step_imag)
        current_phase_shift_imag      =      (tmp_real      *
phase_shift_step_imag)      +      (current_phase_shift_imag      *
phase_shift_step_real)
    end

    halFSIZE = halFSIZE << 1
end

(0...buffer.length/2).each do |i|
    @spectrum[i] = 2 * Math.sqrt(real[i] ** 2 + imag[i] **
2) / buffer.length
end

# повертається змінна з значеннями спектру
@spectrum
end

```

В результаті обробки буде отриманий масив з вдвічі меншою кількістю результуючих даних. Його необхідно зберегти до бази даних.

3.3 Прикладне програмне забезпечення

Результати вимірювання та обробки будуть відображатись в Web – додатку. Ця можливість дає таку відмінну перевагу як кросплатформеність. Завдяки цьому переглянути результати можливо з будь-якого девайсу, котрий має можливість підключитися до мережі та має браузер.

Web – додаток можливо створити за допомогою того самого фреймворку.

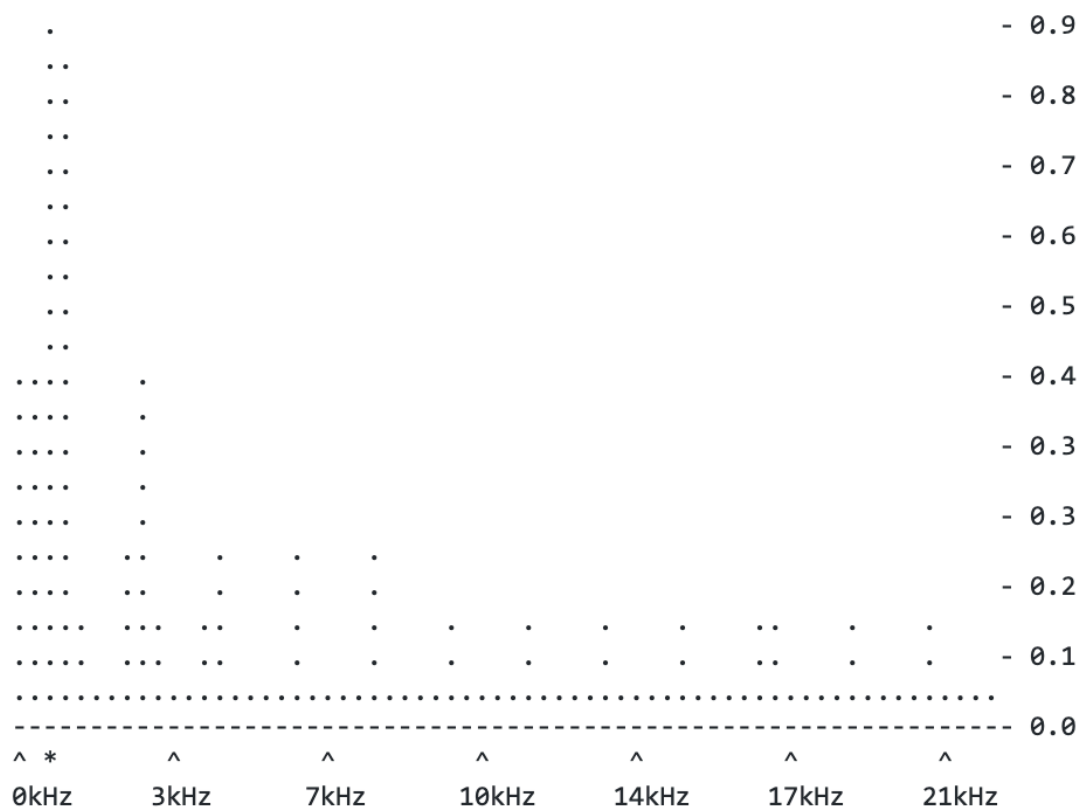


Рисунок 3.1 – Спектральна характеристика.

3.4 Висновки до розділу

В даному розділі був наведений частковий приклад реалізації програмного забезпечення кожного із сервісів аналізатора спектральних складових рівня шуму в приміщенні. А саме для мікроконтролера, для сервера та для Web – додатку.

Розглянуті деталі реалізації та наведені пояснення до окремих моментів в реалізації.

4. РОЗРОБКА СТАРТАП ПРОЕКТУ «АНАЛІЗАТОР СПЕКТРАЛЬНИХ СКЛАДОВИХ РІВНЯ ШУМУ В ПРИМІЩЕННІ»

4.1 Опис ідеї проекту

В розділах даної магістерської роботи був розглянутий вплив шуму та його різного рівня на людей які знаходяться приміщенні. Цей розділ потрібен для проведення аналізу стартап проекту по дипломній роботі – аналізатор спектральних складових рівня шуму в приміщеннях.

Основна задумка проекту це – дослідження та створення приладу для аналізу спектральних складових шуму та його рівня в приміщенні, які можуть мати вплив на людей, котрі перебувають в приміщенні, будь то офіс, лікарня, склад торговельного магазину або будь-що інше. Таблиця 4.1 демонструє вигоди та доцільність загальними рисами. Також зображено зміст ідеї та можливі базові потенційні ринки, в межах яких потрібно шукати групи потенційних клієнтів.

Таблиця 4.1 – Опис ідеї стартап проекту

Зміст ідеї	Напрямки застосування	Вигоди для користувача
Створення приладу для аналізу спектральних складових рівня шуму в приміщенні.	Демонстрація, обробка, та вимір даних	Спостереження за поточним рівнем шуму в приміщенні
	Охорона праці та здоров'я	Надійність системи
	Виявлення небезпечного рівня шуму в приміщенні	Мікросервісна архітектура

Така розробка повинна бути спроектована так, щоб мати можливість стати бізнес проектом. Описана система дозволить створити прилад для аналізу спектральних складових рівня шуму в приміщенні більш дешевим та надійнішим

за присутні аналогічні прилади на ринку. З огляду на високу доцільність використання таких систем, новаторство існує актуальна можливість у створенні рентабельної підприємницької діяльності. Пропонується розробка стартап проекту на основі даної магістерської роботи, котрий матиме широкі можливості до вдосконалення та використовує новітні технології.

Отож, розділ магістерської роботи – розробка стартап проекту – є досить важливим. Для цього розглядаються рішення для розробки перспективного проекту з ринковою організованістю, перспективністю, актуальністю, планом для просування пропозиції інвесторам, фінансовим ризиковим аналізом та і маркетинговим плануванням.

Таблиця 4.2 – Визначення сильних, слабких та нейтральних характеристик ідеї проекту

№ п/п	Техніко-економічні характеристики ідеї	(потенційні) товари/концепції конкурентів				W (слабка сторона)	N (нейтральна сторона)	S (сильна сторона) Мій проект
		Мій проект	Matrox	Texas Instruments	Фріланс			
1.	Вартість розробки	15000	35000	27000	22000	-	-	+
2.	Час розробки	5 Місяці	11 Місяців	9 Місяців	7 Місяців	-	-	+
3.	Технологічність	Сучасна	Висока	Застаріла	Низька	-	+	-
4.	Торгова марка	Не відомо	Відомо	Відома	Не відомо	+	-	-

З проаналізованих вище чотирьох основних характеристик проекту, дві з них є сильними сторонами, одна нейтральною та одна слабкою. Це показує, що

в даному проекті домінуючими є сильні сторони, що в свою чергу вказує на ревалентність його розробки та високі шанси в досягненні успіху.

4.2 Технологічний аудит ідеї проекту

В межах даного підрозділу висвітлено технологічні особливості, гамма можливих рішень за допомогою якої можна реалізувати проект. Здійснення ідеї проекту передбачає аналіз технічних складових які вказані в таблиці 4.3.

Таблиця 4.3 – Технологічна здійсненність ідеї проекту

№ п/п	Ідея проекту	Технології її реалізації	Наявність технологій	Доступність технологій
1.	Аналізатор спектральних складових рівня шуму в приміщенні	Програмовані сервіси та блоки	+	+
		Програмне забезпечення	+	+
		Веб система	+	+
		Сучасні датчики	+	+
Обрана технологія реалізації ідеї проекту: Система вимірювання спектральних складових при сучасному підході програмування подібних платформ.				

Використання мікроконтролерів у зв'язці з веб-системами не є новою технікою побудування подібних систем, але для конкурентоспроможності на ринку, необхідно використовувати не тільки максимально новітні але й ефективні рішення. З такою метою в даному проекті використовуються надійні техніки розробки програмного забезпечення, актуальні датчики та мікроконтролери. Всі технічні засоби та технології є доступними, та можуть бути використані в даному стартап проекті.

4.3 Аналіз ринкових можливостей запуску стартап проекту

Визначимо ризики та ринкові можливості, які можуть виникнути під час ринкового впровадження проекту. Зі урахуванням всіх складових ринкового положення, попит цільових клієнтів та пропозиції конкурентів. Справедливо використати ці знання під час ринкового впровадження проекту.

Спочатку проведемо аналіз за допомогою таблиці 4.4.

Таблиця 4.4 – Попередня характеристика потенційного ринку стартап-проекту

№ п/п	Показники стану ринку (найменування)	Характеристика
1	Кількість головних гравців, од	70
2	Загальний обсяг продаж, грн/ум.од	19000000
3	Динаміка ринку (якісна оцінка)	Стабільно зростаюча
4	Наявність обмежень для входу (вказати характер обмежень)	Відсутні
5	Специфічні вимоги до стандартизації та сертифікації	Відсутні
6	Середня норма рентабельності в галузі (або по ринку), %	17.5%

Розглянувши дану таблицю стає зрозуміло, що ринок є зростаючим та налічує достатньо велику кількість конкурентів з подібними системами. Звичайно, основну конкуренцію складатимуть компанії-гіганти та компанії, що використовують інноваційні технології в цій сфері.

Надалі визначаємо характеристики потенційних груп клієнтів та сформуємо орієнтовний перелік вимог до товару для кожної групи в таблиці 4.5.

Таблиця 4.5 – Характеристика потенційних клієнтів стартап-проекту

№ п/п	Потреба, що формує ринок	Цільова аудиторія (цільові сегменти ринку)	Відмінності у поведінці різних потенційних цільових груп клієнтів	Вимоги споживачів до товару
1	Дистанційний контроль	Системи	Надійність	Безперебійна робота
2	Вимірювання, обробка та представлення даних	Глобальні системи	Надійність	Надійність та якість
3	Розробка програмного забезпечення для готових систем	Системи	Вартість	Варіативність у структурі системи

Навіть при такій широкій гаммі потреб у різних сферах, існує чітке усвідомлення, що даний проект має можливість задовольнити усі потреби, які були представлені. Варіативність та доступність конструкції закладаються як основні характеристики при розробці даної системи, а надійність та вартість значно збільшують попит.

При застосуванні цієї технології існують певні загрози які показані в таблиці 4.6.

Таблиця 4.6 – Фактори загроз

№ п/п	Фактор	Зміст загрози	Можлива реакція компанії
1.	Не відомість	Клієнт не дізнається	Потужна маркетингова

		про компанію	стратегія
2.	Збут продукції	Складність поставок комплектуючих	Поставка комплектуючих без посередників
3.	Ринок	Складність найняти персонал	Унікальні умови праці
4.	Конкуренти	Складність запропонувати вигідніші умови	Безкоштовна гарантія та підтримка продукції
5.	Застарілість технології	Поява новітніх технологій	Розробка з урахуванням розвитку технології

В заповненій таблиці присутні фактори, котрі можуть нашкодити стартапу проекту в значній морі. Як протидію цим факторам запропоновані дії, які мають покращити становище проекту в складних ситуаціях. Проаналізувавши результат, проект можна вважати надійним.

Тим не менш, також існують і певні можливості, на які можна подивитися в таблиці 4.7.

Таблиця 4.7 – Фактори можливостей

№ п/п	Фактор	Зміст можливості	Можлива реакція компанії
1.	Збільшення видів вимірювальних датчиків	Вироблення більш різноманітних продуктів	Поява нових клієнтів
2.	Популяризація мікрокосервісних систем	Збільшення кількості клієнтів	Курс на сектор навчальних закладів
3.	Покращення існуючих бібліотек	Збільшення швидкодії систем	Використання більш оптимізованих програм
4.	Швидкий притік клієнтів	Збільшення кількості клієнтів	Збільшення кількості персоналу

Враховуючи перераховані перспективи, та порівнюючи їх з ризиками, можна прийти до висновку, що стартап перекриває ризики своїми можливостями.

Важливим є розуміння своїх конкурентів та їх можливостей до швидкої адаптації. Також важливо враховувати їх можливий вплив на ринок. Це детально наведено в таблиці 4.8.

Таблиця 4.8 – Ступеневий аналіз конкуренції на ринку

Особливості конкурентного середовища	В чому проявляється дана характеристика	Вплив на діяльність підприємства (можливі дії компанії, щоб бути конкурентоспроможною)
Складність	Жорстока боротьба за клієнта	Особливості пропозиції
Насиченість	Велика кількість конкурентів	Оригінальність
Спеціалізованість	Великий досвід роботи з клієнтами	Залучення експертів
Стабільність китів	Відсутність бажання до змін	Демонстрація переваг
Особливості конкурентного середовища	В чому проявляється дана характеристика	Вплив на діяльність підприємства (можливі дії компанії, щоб бути конкурентоспроможною)

В сфері ринку присутня серйозна конкуренція, оскільки більшість компаній на ринку вже давно, мають стабільних клієнтів та постачальників багато років. Через високий прибуток спостерігається боротьба за клієнтів. В приведений таблиці зображені дії для поліпшення конкурентоздатності компанії.

Після аналізу конкуренції в нижче наведеній таблиці(табл. 4.9), проведемо більш детальний аналіз умов конкуренції в галузі.

Таблиця 4.9 – Аналіз конкуренції в галузі за М. Портером

Складові аналізу	Прямі конкуренти в галузі	Потенційні конкуренти	Постачальники	Клієнти	Товари-замінники
	Texas Instruments	Потенційні конкуренти	Texas Instruments	Amperka	Стационарні системи
Висновки:	Потужний конкурент	Analog Devices	Виробник мікросхем	Надає обладнання для споживача	Системи які використовуються біля користувача

У наведеній таблиці зображено декілька потужних на даний момент компаній на ринку. З таблиці видно можливості для конкуренції з цими компаніями.

Для забезпечення позитивних результатів на ринку, а також для підвищення конкурентоспроможності компанії продемонструємо фактори, що дадуть спроможність це забезпечити.

Таблиця 4.10 – Обґрунтування факторів конкурентоспроможності

№ п/п	Фактор конкурентоспроможності	Обґрунтування (наведення чинників, що роблять фактор для порівняння конкурентних проектів значущим)
1	Ціна	Запропонована ціна нижче середньої
2	Час розробки	Замовників цікавить мінімальний час розробки
3	Технології	Цей проект використовує найновіші технології

4	Підтримка	Конкуренти надають схожі послуги
5.	Унікальність	Конкуренти не використовують таку технологію

Таблиця 4.11 – Порівняльний аналіз сильних та слабких сторін

№ п/п	Фактор конкурентоспроможності	Бали 1-20	Рейтинг товарів-конкурентів у порівнянні з Texas Instruments						
			-3	-2	-1	0	+1	+2	+3
1	Ціна	19							+
2	Час розробки	19						+	
3	Технології	20				+			
4	Підтримка	14				+			
5.	Гнучкість	14					+		

З таблиць 4.10 та 4.11 бачимо, що фактори конкурентоспроможності мають суттєві та великі позитивні внески до нового програмного забезпечення для розробки аналізатора спектральних складових рівня шуму в приміщенні. Основною перевагою та головним досягненням є висока надійність продукту та низька ціна приладу.

Останнім етапом ринкового аналізу можливостей впровадження проекту є складання SWOT-аналізу (матриці сильних (Strength), та слабких (Weak) сторін, загроз (Troubles) та можливостей (Opportunities), пов'язаних з його здійсненням).

Таблиця 4.12 – SWOT- аналіз стартап-проекту

Сильні сторони: 1. Коштовність 2. Унікальність	Слабкі сторони: 1. Слабкі можливості підтримки 2. Не відомість торгової марки
--	---

3. Розширюваність	
4. Сучасні технології	
Можливості: <ol style="list-style-type: none"> 1. Швидкий притік клієнтів 2. Необхідність витримувати великі навантаження 3. Популяризація дистанційного керування 4. Поява нових технологій стиснення передавання даних 	Загрози: <ol style="list-style-type: none"> 1. Жорстка боротьба за клієнта 2. Велика кількість конкурентів 3. В великому досвіду роботи з клієнтами 4. В небажане змін в великих компаніях

Перелік ринкових можливостей та ринкових загроз складений на основі аналізу факторів загроз та можливостей маркетингового середовища. Ринкові загрози та можливості на ринку є наслідками впливу факторів, і, на відміну від них, ще не є реалізованими та мають певну ймовірність здійснення.

Таблиця 4.13 – Альтернативи ринкового впровадження стартап-проекту

№ п/п	Альтернатива (орієнтовний комплекс заходів) ринкової поведінки	Ймовірність отримання ресурсів	Строки реалізації
1	Стратегія нейтралізації ринкових загроз сильними сторонами стартапу	Середня	3 місяців
2	Стратегія компенсації слабких сторін стартапу наявними ринковими можливостями	Середня	3 місяці
3	Стратегія виходу з ринку	-	2 місяці

З зазначених альтернатив обираємо стратегію компенсації слабких сторін стартапу присутніми ринковими можливостями.

4.4 Розроблення ринкової стратегії проекту

Розроблення ринкової стратегії першим кроком передбачає визначення стратегії охоплення ринку: опис цільових груп потенційних споживачів.

Споживачами проекту обрано організації, що можуть використовувати у своїй роботі даний аналізатор. Так як проект зосереджується на декількох сегментах, обрано стратегію диференційованого маркетингу. Для роботи в обраних колах ринку необхідно організувати базову стратегію розвитку.

Таблиця 4.14 – Вибір цільових груп потенційних споживачів

№ п/п	Опис профілю цільової групи потенційних клієнтів	Готовність споживачів сприйняти продукт	Орієнтовний попит в межах цільової групи (сегменту)	Інтенсивність конкуренції в сегменті	Простота входу у сегмент
1.	Промислові компанії	Так	Середній	Велика	Просто
2.	Компанії споживацької сфери діяльності	Так	Вище середнього	Середня	Просто
3.	Інжинірингова компанії	Так	Низький	Низька	Складно
<p>Які цільові групи обрано: компанії споживацької сфери діяльності та промислові компанії.</p> <p>Під час аналізу потенційних груп було вирішено, що компанія буде працювати із споживацькими та промисловими компаніями.</p>					

За результатами аналізу потенційних груп споживачів ми обрали цільові групи компаній споживацької сфери діяльності та промислової. Вони мають найвищий попит на продукцію та є відносно простою для входу в сегмент. Незважаючи на високу конкуренцію вибір вважаю доцільним.

Для роботи в обраному сегменті ринку необхідно сформувати базову стратегію розвитку.

Таблиця 4.15 – Визначення базової стратегії розвитку

Обрана альтернатива розвитку проекту	Стратегія охоплення ринку	Ключові конкурентоспроможні позиції відповідно до обраної альтернативи	Базова стратегія розвитку*
Стратегія спеціалізації (передбачає концентрацію на потребах одного цільового сегменту, без прагнення охопити увесь ринок. Мета тут полягає в задоволенні потреб вибраного цільового сегменту краще, ніж конкуренти. Така стратегія може спиратися на лідерство по витратах у рамках сегменту автономних систем для споживацької сфери.)	Стратегія повного охоплення ринку (компанія прагне задовольнити потреби ринку в цілому. Ця стратегія може бути реалізована шляхом виготовлення сімейства універсальних веб-систем).	Покращення та здешевлення виробництва за рахунок масовості, підтримка веб-системи після продажу.	Стратегія концентрованого зростання (стратегія, яка пов'язана зі зміною продукту і (або) ринку. У разі дотримання стратегії компанія поліпшує веб-систему або починає виробляти нову, не зманюючи при цьому його призначення.)

В даній таблиці можна спостерігати обрані стратегії розвитку. Базовою стратегією обрано стратегію концентрованого зростання, з постійним покращенням автономних систем, які будуть вироблятись. Альтернативою розвитку проекту є напрям на споживацьку сферу.

Наступним кроком є вибір стратегії конкурентної поведінки (табл. 4.16).

Таблиця 4.16 – Визначення базової стратегії конкурентної поведінки

Чи є проект «першопроходьцем»	Чи буде компанія шукати нових	Чи буде компанія копіювати основні характеристики	Стратегія конкурентної
-------------------------------	-------------------------------	---	------------------------

на ринку?	споживачів, або забирати існуючих у конкурентів?	товару конкурента, і які?	поведінки*
Ні	Забирати існуючих споживачів	Так (мету використання)	Стратегія заняття конкурентної ніші

Стратегія лідерства по витратах передбачає, що компанія за рахунок чинників зовнішнього і/або внутрішнього середовища може забезпечити більшу, ніж у конкурентів маржу між собівартістю товару і середньо ринковою ціною. Ця стратегія припускає, що за рахунок великих можливостей по об'ємах збуту товарів і продуктивності, підприємство може добитися менших витрат.

За основу вимог споживачів з обраного сегменту до постачальника і продукту, а також в залежності від стратегії розвитку та стратегії конкурентної поведінки розробляємо стратегію позиціонування яка визначається у формування ринкової позиції, за яким споживачі мають наблизитися до проекту.

Таблиця 4.17 – Визначення стратегії позиціонування

Вимоги до товару цільової аудиторії	Базова стратегія розвитку	Ключові конкурентоспроможні позиції власного стартап-проекту	Вибір асоціацій, які мають сформувані комплексну позицію власного проекту (три ключових)
Універсальність, дешевизна, вдосконаленість апаратного та програмного забезпечення.	Стратегія концентрованого зростання	Ціна, швидкодія	Ціна. Технології.

Результатом даного підрозділу є система рішень щодо ринкової поведінки компанії, вона визначає в якому напрямі буде працювати компанія на ринку.

4.5 Розроблення маркетингової програми стартап-проекту

Під час розроблення маркетингової програми першим кроком є маркетингова концепції товару, який отримає споживач. Підсумуємо результати аналізу конкурентоспроможності товару в таблиці 4.18.

Таблиця 4.18 – Визначення ключових переваг концепції потенційного товару

№ п/п	Потреба	Вигода, яку пропонує товар	Ключові переваги перед конкурентами (існуючі або такі, що потрібно створити)
1.	Аналізатор спектральних складових рівня шуму в приміщенні	Дослідження спектральних складових рівня шуму в приміщенні, які можуть мати вплив на перебуваючих людей в приміщенні, будь то офіс, лікарня, склад торговельного магазину тощо.	Сучасні технології, модульна конструкція.

Проаналізувавши ринок, дослідивши продукт конкурентів та провівши детальний аналіз потреб клієнтів, можна зробити висновок – для вирішення проблем аналізу спектральних складових рівня шуму в приміщенні підходить розроблена система з використанням сучасних технологій та модульної конструкції використаного мікроконтролера.

Таблиця 4.19 – Опис трьох рівнів моделі товару

Рівні товару	Сутність та складові		
I. Товар за задумом	Аналізатор спектральних складових рівня шуму в приміщенні		
II. Товар у реальному	Властивості/характеристики	М/Нм	Вр/Тх/Тл/Е/Ор

виконанні	Довговічність (немає строку давності)	Нм	Тх
	Модульність	М	Тх
	Швидкодія	Нм	Тх
	Підтримка масового використання	Нм	Тх
	Масштабованість	Нм	Тх
	Якість: відповідає нормам ДСТУ2844-94		
	Пакування: Мікроконтролер з набором датчиків, програмне забезпечення.		
III. Товар із підкріпленням	Марка: “BlahLabs” зареєстрована ТМ. Під ТМ “BlahLabs” випускаються сучасні програмні та технічні рішення.		
	До продажу с: Консультація з можливості інтегрування		
	Після продажу: Підтримка товару		

Розібравши модель товару на три рівні виявили наступне – товар за задумом має п'ять технологічних особливостей, одна з яких є матеріальною, а інші не матеріальними. Якість товару нормується ДСТУ 2844-94. В пакування входить окремо доступне програмне забезпечення та мікроконтролер з датчиками та. Також на третьому рівні наведені переваги для споживача.

Наступним кроком є визначення цінових меж, якими необхідно керуватися при встановленні ціни на потенційний товар, це передбачає аналіз цін товарів конкурентів, та доходів споживачів продукту (табл. 4.20).

Таблиця 4.20 – Визначення меж встановлення ціни

№ п/п	Рівень цін на товари-замінники	Рівень цін на товари-аналоги	Рівень доходів цільової групи споживачів	Верхня та нижня межі встановлення ціни на товар/послугу
1	6000 грн	2000 грн	15000 грн	900/1900 грн

2	1800 грн	1500 грн	9000 грн	2000/2200 грн
3	10000 грн/міс	11000 грн/міс	200000 грн/міс	5000/10000 грн/міс

Враховувати товари-замінники при утворенні ціни не доцільно бо їх ціна надто висока. Середня ціна на продукти сягає 2500 грн, а доходи потенційних покупців починаються від 17000 грн. Розглянутий варіант виробництва аналізаторів, але знайдені ціни не враховують ціну програмного забезпечення, так як відображають ціну обладнання. В третьому випадку наведені ціни підтримки вимірювальних систем в місяць.

Таблиця 4.21 – Формування системи збуту

№ п/п	Специфіка закупівельної поведінки цільових клієнтів	Функції збуту, які має виконувати постачальник товару	Глибина каналу збуту	Оптимальна система збуту
1	Звичайна повторна закупівля	Організація руху товару	1	Дистрибуція через посередника
2	Нова закупівля	Доставка до поштового відділення	0	Дистрибуція через інтернет
3	Клієнти в невідомих, або ризикованих ринках	Встановлення контактів зі споживачами і підтримання їх. Формування попиту і стимулювання збуту.	1-3	Дистрибуція через посередника

Знайдено оптимальні способи збуту продукції, після проведення аналізу. Звичайна та нова повторна закупівлі відрізняються, тому що для повторної закупівлі очікуване значне збільшення обсягу продукції. Нові закупівлі очікуються у виконанні через інтернет, а повторні через посередника, а саме через транспортну компанію. Також розглянуті функції збуту готовою продукції для клієнтів в ризикованих чи невідомих ринка.

Таблиця 4.22 – Концепція маркетингових комунікацій

№ п/п	Специфіка поведінки цільових клієнтів	Канали комунікацій, якими користуються цільові клієнти	Ключові позиції, обрані для позиціонування	Завдання рекламного повідомлення	Концепція рекламного звернення
1	Компанії, що користуються товарами конкурентів	Конференції, веб-пошук, електронна пошта, телефон	Розсилка листів з пропозиціями до обговорення нової співпраці	Демонстрація технічних та технологічних переваг продукту над продуктами конкурентів	Демонстрація можливої вигоди при використанні нашої продукції
2	Компанії, що зацікавлені у закупівлі нового обладнання	Конференції, веб-пошук, електронна пошта, телефон	Розсилка листів з пропозиціями до потенційної співпраці, інтернет реклама	Демонстрація переваги продукту у ціні в сукупності з перевагами у технологічності над продуктами конкурентів	Порівняльні характеристики з продуктами конкурентів

Проаналізовані концепції допоможуть в створення та початку нових ринкових взаємин з потенційними клієнтами. Однак, основним направленням є залучення до співпраці компаній, які користуються послугами, або товарами компаній-конкурентів. Так як на ринок виходять безліч нових компаній, то слід швидко знаходити та пропонувати вигідні для них умови співпраці.

4.6 Очікувана ефективність стартап проекту

Оскільки стартап є інноваційним проектом, то для нього можна застосувати існуючі показники оцінки ефективності такого проекту. Для проведення розрахунків ефективності за проектом необхідно:

1. визначити статті доходів, що визначаються бізнес-моделлю сатрапу і прогнозованими обсягами продажів;

2. розбити витрати за проектом на постійні та змінні.

Дохід:

- Продаж мікроконтролерних систем.
- Продаж програмного забезпечення.
- Підтримка систем

До постійних витрат відносяться такі витрати, загальна сума яких за певний час не залежить від кількості виготовленої продукції:

- Оренда приміщень.
- Реклама
- Зарплата постійних працівників компанії (інженери, маркетологи, менеджери)

Змінні витрати представляють собою витрати, загальна сума яких за певний час залежить від обсягу виготовленої продукції:

- Закупка обладнання, яке необхідне для виготовлення комплексного обладнання;
- Витрати на електроенергію;
- Зарплата робочих;

При отриманні необхідного фінансування ми отримаємо наступну фінансову ситуацію при розробці аналізатора спектральних складових рівня шуму в приміщенні.

Постійні витрати:

- 8 000 грн/міс - Оренда приміщень.
- 10 000 грн/міс - Реклама
- 70 000 грн/міс - Зарплата постійних працівників компанії (інженери, маркетологи, менеджери)

Змінні витрати на виробництво одного комплексного обладнання:

- 500 грн - мікропроцесор;
- 2 000 грн - зарплата робочих;

- 200 грн - вимірювальні модулі.

Дохід:

- 4 000 грн - відпускна вартість системи + пдв 1 000 грн

Обсяги виробництва продукції на перші 5 місяців наведено в таблиці 4.23.

Таблиця 4.23 – Обсяги виробництва продукції

Показник	Значення по місяцях, тис. грн.				
	1	2	3	4	5
Загальна потреба в продукції, шт.	50	150	500	1500	5000
Ціна одного набору мікроконтроллер + вимірювальні модулі + ПЗ тис грн.	4	4	4	4	4
Річні обсяги випуску в вартісних показниках (тис. грн.)	200	600	2000	6000	20000

Визначимо витрати, необхідні для реалізації поточної діяльності за проектом.

Таблиця 4.24 – Виробничі витрати

№ з/п	Стаття витрат	Сукупні витрати за період місяців, тис. грн.				
		1	2	3	4	5
1	Загальногосподарські витрати, оплата праці постійного персоналу	5	10	15	20	25
1.1	Витрати на оренду та утримання приміщень, обладнання	20	40	60	80	100
1.2	Витрати на збут, просування та рекламу	10	20	30	40	50

2	Витрати на матеріальні ресурси (комплектуючі, сировина)	50	100	150	200	250
3	Витрати на оплату праці	70	140	210	280	350
Разом:		155	310	465	620	775

Точка беззбитковості відображає обсяг виробництва інноваційної продукції, при досягненні якого виручка від реалізації покриває сумарні витрати на її виробництво. Розрахунок точки беззбитковості року проводиться за формулою:

$$Тб = \frac{C}{P-V}, \text{ де}$$

де С – постійні витрати на весь обсяг продукції (такі, які не залежать від обсягу виробництва продукції – загальногосподарські витрати та витрати на оплату праці); Р – ціна одиниці продукції; V – змінні витрати на одиницю продукції.

$$Тб = C / (P - V) = 88 / (5 - 3) = 44 \text{ (Проектів)}$$

Графік ефективності проекту наведений на рис. 5.1.

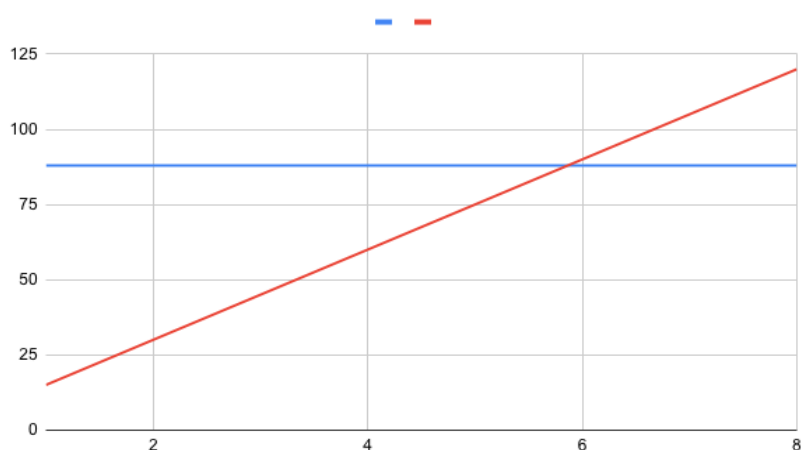


Рисунок 4.1 – Точка беззбитковості проекту

Визначимо формування грошового потоку від реалізації проекту.

Чистий дисконтований дохід (NPV, Net Present Value) – це різниця між надходженнями за весь період інноваційного проекту та інвестиціями в проект. Розрахунок чистого дисконтованого доходу наведений в таблиці 4.25.

Таблиця 4.25 – Формування грошового потоку від реалізації проекту

№	Показник	Значення по місяцях					Разом
		1	2	3	4	5	
1	Надходження від проекту (виручка від реалізації продукції, послуг) \	125	250	375	500	625	1750
2	Загальні витрати	480	180	240	310	370	1580
3	Грошовий потік	-360	38	100	170	230	170
4	Акумуляований грошовий потік	-360	-323	- 226	-57	170	-

Оскільки $NPV > 0$ протягом розрахункового періоду, то даний інноваційний проект доцільно прийняти.

Індекс рентабельності інвестицій в проект (ROI, Return On Investment) характеризує рівень грошового потоку, що припадає на одиницю інноваційних витрат і обчислюється, коли інвестиція здійснюється багато разів:

$$ROI = \sum_T D_t / \sum_T I_t, \text{ де}$$

D_t – надходження у відповідному періоді; I_t – інвестиція у відповідному періоді.

Індекс рентабельності за 5 місяців:

$$ROI = 1753/1582 = 1,11.$$

Показник $ROI > 1$, отже даний інноваційний проект доцільно прийняти. Даний критерій ROI використовують при виборі певного проекту із декількох альтернативних, у яких NPV приблизно однакові.

Період окупності інвестицій (Ток) – це розрахунковий термін від початку реалізації проекту, починаючи з якої акумуляований грошовий потік (ACF)

приймає стійке позитивне значення. Іншими словами, це – період (вимірюваний в місяцях, кварталах або роках), починаючи з якого первинні вкладення та інші витрати, пов'язані з інвестиційним проектом, покриваються сумарними результатами його здійснення.

Термін окупності розраховується за формулою :

$$T = t + |ACF_{t-}| / (|ACF_{t-}| + |ACF_{t+}|) = 4 + 58 / (59 + 171) = 4.25, \text{ де}$$

t – останній періоду реалізації проекту, при якому акумульований грошовий потік (різниця накопиченого доходу і витрат) приймає від'ємне значення;

ACF_{t-} – це остання від'ємна різниця накопиченого доходу та витрат (грн.);

ACF_{t+} – це перша позитивна різниця накопиченого доходу та витрат (грн.).

Отже, на 5-му місяці після початку реалізації проект повністю окупить себе.

Для реалізації описаного стартап проекту не виникає гострої потреби у фінансуванні:

Разові витрати:

- Обладнання: 3000 грн.

Постійні витрати:

- Електроенергія та комунальні послуги – 1000 грн\міс
- Оренда приміщень - 7 000 грн\міс.

4.7 Висновки до розділу

В даному розділі були розглянуті всі аспекти розробки стартап проекту запропонованої в даній магістерській роботі. Можна відмітити, що ця система має можливість до своєї комерціалізації. Такі системи мають свій попит, хоча і у досить вузькому колі покупців, але при цьому динаміка ринку досить стабільна, оскільки такі прилади будуть потрібні завжди. Оскільки вартість

виробництва та розробки системі досить низька, це забезпечує досить високу рентабельність цього проекту в якості комерційної ідеї.

З огляду на потенційні групи клієнтів, бар'єри входження та стан конкуренції у цьому сегменті, можна сміливо сказати, що розглянутий вище стартап проект має цілком потужну конкурентноспроможність та гарні можливості до впровадження.

Найбільш ефективним для даного проекту буде обрати, як варіант впровадження стратегію концентрованого зростання, яка в свою чергу передбачає концентрацію на потребах одного цільового сегменту, без прагнення охопити увесь ринок. Така стратегія пропонується до вибору, оскільки сам прилад є досить специфічним та вузьконаправленим, а отже орієнтуватися за таких умов краще на потреби одного цільового сегменту.

В цілому стартап проект вважаю перспективним, так як він налічує більшу кількість переваг ніж ризиків. У роботі досліджено можливість ринкової комерціалізації проекту. Присутній досить великий попит на стрімко зростаючому ринку. Розроблений прилад є перспективним для впровадження у виробництві оскільки він є дешевим та універсальним на відміну від стаціонарних або інших аналогів, що, представленні на ринку.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

Ця дисертація присвячена розробці аналізатора спектральних складових рівня шуму в приміщенні та його програмного забезпечення. В результатів вирішення поставлених задач були отримані наступні результати:

1. Проаналізовані існуючі підходи до вимірювання рівня шуму в приміщенні, визначені недоліки та переваги існуючих приладів та зроблені висновки про необхідність розробки нового приладу, який повинен бути більш універсальним при використанні.
2. Запропонована структура для побудови приладу, котра включає в себе вимірювальний модуль, який складається з мікрофону, фільтра низьких частот, мікроконтролера з аналогово-цифровим перетворювачем, wi-fi модулем, сервером та web-додатком. Був обраний метод вимірювання спектральних складових звукового сигналу та обґрунтовано як сам та де буде використовуватись. Проведений аналіз існуючих на ринку компонентів та обрані складові частини розроблюваного приладу.
3. Розроблено програмне забезпечення для мікроконтролера аналізатора з використанням мови програмування C, яке забезпечує отримання заданої кількості вимірювань з потрібною частотою та відправлення цих даних на сервер у вигляді JSON. Сервер та web-додаток створені за допомогою мови програмування Ruby та фреймворку Ruby on Rails.
4. Виокремлені аспекти розробки стартап проекту. Можна відмітити, що ця система має можливість до своєї комерціалізації. Такі системи мають свій попит, хоча і у досить вузькому колі покупців, але при цьому динаміка ринку досить стабільна, оскільки такі прилади будуть потрібні завжди. Оскільки вартість виробництва та розробки системи досить низька, це забезпечує досить високу рентабельність цього проекту в якості комерційної ідеї.

Таким чином задачі, які були поставлені в магістерській дисертації, виконані в повному обсязі.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ к выполнению лабораторной работы по курсу «Безопасность жизнедеятельности», Москва 2016
2. <https://chipinfo.pro/elements/acoustics/microphones.shtml#Electret>
3. https://www.lcard.ru/lexicon/low_pass_filter
4. “Аналого-цифровой преобразователь” Wikipedia, The Free Encyclopedia. Wikipedia, The Free Encyclopedia, 28 June. Web. 2016.
5. “Wi – Fi Wikipedia, The Free Encyclopedia. Wikipedia, The Free Encyclopedia, 28 June. Web. 2016.
6. “Сервер приложений ” Wikipedia, The Free Encyclopedia. Wikipedia, The Free Encyclopedia, 28 June. Web. 2016.
7. “Веб-сервер” Wikipedia, The Free Encyclopedia. Wikipedia, The Free Encyclopedia, 28 June. Web. 2016.
8. “Data-driven modeling and scientific computing: Methods for integrating Dynamics of Complex Sys-tems and Big Data.” (2013).

ДОДАТОК А. СПИСОК ПУБЛІКАЦІЙ

1. Іванченко Ю.В., Стаценко О.В. Прилад для визначення мікроклімату робочого місця // Тези доповідей учасників XXI науково-технічної конференції студентів та молодих учених «Гіротехнології, навігація, керування рухом та конструювання авіаційно-космічної техніки», 21 березня 2018 року, ФАКС, КПІ ім. Ігоря Сікорського, С.31-32.

УДК 681.586

Іванченко Ю.В., Стаценко О.В.

ПРИЛАД ДЛЯ ВИЗНАЧЕННЯ МІКРОКЛІМАТУ РОБОЧОГО МІСЦЯ

Мікроклімат робочого місця визначається діючими на людину поєднаннями температури, вологості, освітленості та шуму в робочому середовищі відповідного приміщення.

Необхідність у визначенні цих параметрів обумовлена залежністю якості та, загалом, можливості виконання тієї чи іншої роботи людиною від параметрів мікроклімату. Томі ці параметри визначені Державними санітарними правилами і нормами, виконання яких є обов'язковим для підприємств та організацій.

Вимірювання кожного з параметрів мікроклімату на конкретному робочому місці для подальшого контролю може бути виконано з використанням приладів різних типів. Це ускладнює процес контролю параметрів, зумовлює потребу в значній кількості вимірювальних приладів та збільшує час необхідний для визначення параметрів.

Для автоматизації процесу контролю вищевказаних параметрів доцільно розробити універсальний прилад, що забезпечуватиме комплексне вимірювання параметрів мікроклімату.

Розробка даного приладу передбачає виконання ряду задач. Серед них основними є: вибір датчиків основних параметрів мікроклімату; розробка системи обміну даними між датчиками та керуючим пристроєм реалізованим з використанням мікроконтролеру; розробка системи обміну даними між керуючим пристроєм та персональним комп'ютером з використанням різних типів інтерфейсів. Також окремими задачами є розробка програмного забезпечення персонального комп'ютера та пристрою керування.

Практична застосовність. При виборі датчиків ключовими параметрами є робочий діапазон та точність вимірювання. Система обміну даними представляю собою інформаційну шину, що об'єднує всі датчики та здійснює їх підключення до мікроконтролерного пристрою, задачею якого є керування процедурою вимірювання параметрів, збір вимірної інформації та передача її до персонального комп'ютера.

В приладі використовується мікроконтролер сімейства Atmega, виконаний на платформі Arduino. Датчики об'єднані за допомогою шини TWI, а мікроконтролерний пристрій обмінюється даними з комп'ютером через інтерфейс usb.

Розроблена система дозволяє відстежувати мікрокліматичні умови робочого місця та виявити неякісні умови для праці, що дозволить оперативно їх виправити.

2. Іванченко Ю.В., Стаценко О.В. Пристрій для визначення рівня шуму в приміщенні // Збірник праць XV Всеукраїнської науково-практичної конференції студентів, аспірантів та молодих вчених «Ефективність інженерних рішень у приладобудуванні», 10-11 грудня 2019р.- К.:ПБФ, КПІ ім. Ігоря Сікорського, Центр учбової літератури.-2019. – С.498-501.

УДК 534.612

*Ю.В. Іванченко, студент гр. ВА-81мп, к.т.н., доц. Стаценко О.В.
КПІ ім. Ігоря Сікорського*

ПРИСТРІЙ ДЛЯ ВИЗНАЧЕННЯ РІВНЯ ШУМУ В ПРИМІЩЕНІ

Анотація. Дана стаття присвячена розробці пристрою для вимірювання рівня та спектрального складу шуму в приміщенні. В статті проаналізовані існуючі підходи до визначення рівня шуму та прилади, які для цього застосовуються. В статті запропонована структура пристрою, яка передбачає використання Інтернет-технологій, та визначений принцип його роботи.

Ключові слова: шум, вимірювання, спектральний аналіз.

ВСТУП

Шумом називають таку сукупність звуків, що мають різну частоту, інтенсивність та тривалість [1]. Шум може сприйматися як подразнюючий фактор, або може здійснювати безпосередньо шкідливий вплив на органи слуху та здоров'я людини. Так шум з рівнем вище 40 дБА може здійснювати підвищене навантаження на нервову систему, шум з рівнем 60-80 дБА здійснює психологічний вплив, що призводить до зниження працездатності та якості роботи, шум з рівнем 80-110 дБА здійснює фізіологічний вплив на людину, що може призвести до погіршення здоров'я та розвитку різних хвороб, а шум з рівнем вищим за 110 дБА здійснює травматичний вплив на органи слуху.

Для забезпечення безпечних умов життєдіяльності людини в Україні наказом МОЗ від 22.02.2019 № 463 затверджені санітарні норми допустимих рівнів шуму в приміщеннях житлових та громадських будинків і на території житлової забудови. В Європі рівень шуму регулюється Директивою 2006/42 / ЕС, в США діє стандарт OSHA 1910.95 Occupational Noise Exposure (Вплив виробничого шуму). У деяких країнах діють більш суворі національні стандарти, ніж вимоги директив ЄС або OSHA. Дотримання цих норм є обов'язковим, а контроль за їх дотриманням мають здійснювати посадові особи органів виконавчої влади та місцевого самоврядування.

Для забезпечення контролю за дотриманням санітарних норм визначальною є процедура вимірювання рівня шуму в тому чи іншому приміщенні або об'єкті, яка регламентується відповідною методикою, наприклад в ДСТУ ISO 11204:2008 викладено метод вимірювання рівнів звукового тиску, який створюється машинами або устаткуванням.

Для вимірювання рівня шуму використовують прилади, що мають назву шумоміри [2,3]. Метою даної статті є розробка підходів до побудови пристроїв для визначення рівнів шуму та його частотного складу.

ОГЛЯД ІСНУЮЧИХ ШУМОМІРІВ

Державними санітарними нормами встановлені допустимі рівні звуку в приміщеннях різного призначення, а також допустимі рівні звуку у відповідних частотних діапазонах. Для вимірювання не лише загального рівня шуму, а і його частотного складу використовують два підходи: використання універсальних шумомірів з наборами смугових фільтрів, або спеціалізованих шумомірів з вбудованими аналізаторами спектру.

В якості прикладів шумомірів, що відносяться до першої групи можна віднести:

3. Цифровий шумомір TROTEC BS06 має наступні основні технічні характеристики:

- 3.1 Діапазон вимірювань: 40-130dB
- 3.2 Похибка: $\pm 3.5\text{dB}$
- 3.3 Дискретність: 0.1dB
- 3.4 Діапазон частот: 31.5Hz - 8.5KHz
- 3.5 Частота вимірювання: 2 рази на секунду
- 3.6 Ціна: 1887.91 грн

4. Професійний цифровий шумомір VOLTCRAFT SL-451, в свою чергу має такі основні характеристики:

- 4.1 Діапазон вимірювань: 30-130dB
- 4.2 Похибка: $\pm 1.4\text{dB}$
- 4.3 Дискретність: 0,1dB
- 4.4 Рівні (вибираються в ручну або автоматично): 30 ~ 80dB, 40 ~ 90dB, 50 ~ 100dB, 60 ~ 110dB, 70 ~ 120dB, 80 ~ 130dB
- 4.5 Діапазон частот: 31.5Hz - 8000Hz
- 4.6 Ціна: 16810.30 грн

Професійний шумомір має більший діапазон вимірювань та меншу похибку, але майже в вісім разів дорожче та не задовольняє вимогу щодо вимірювання частоти звукових коливань.

Прикладом шумоміру, що відноситься до другої групи можна є шумомір, аналізатор спектру АССИСТЕНТ S Light:

- a. Частотні корекції, діапазон: 20 - 150dBA, 22 - 150dBC, 30 - 150dBZ, 10-150dB спектри
- b. Спектри: октавний спектр – 31,5Hz - 16KHz, трьохоктавний спектр – 25Hz - 20KHz
- c. Інше: MAX, MIN всіх параметрів, статистичний розподіл, моніторинг
- d. Діапазон частот: 10Hz - 20KHz
- e. Ціна: 57333 грн

Такий шумомір дозволяє здійснювати всі необхідні вимірювання, але вартість його є надзвичайно високою.

СТРУКТУРА ТА ПРИНЦИП РОБОТИ ШУМОМІРУ

Для зменшення вартості шумоміру доцільно розробити пристрій з наступною структурою (рис.1.):

- вимірювальний модуль, що складається з:
 - мікрофону, який перетворює акустичні коливання в електричний сигнал;
 - фільтр низької частоти, для виокремлення коливань лише звукового діапазону;
 - мікроконтролера з вбудованим АЦП, який із заданим часовим інтервалом здійснює перетворення аналогового сигналу у цифровий, зберігає виміряні значення і передає до wi-fi модулю;
- wi-fi модуль, який здійснює передачу виміряних даних на сервер;
- сервер, який здійснює зберігання та обробку даних;
- web додаток, який виконується на персональному комп'ютері, отримує дані з бази даних та відображатиме результати вимірювання.

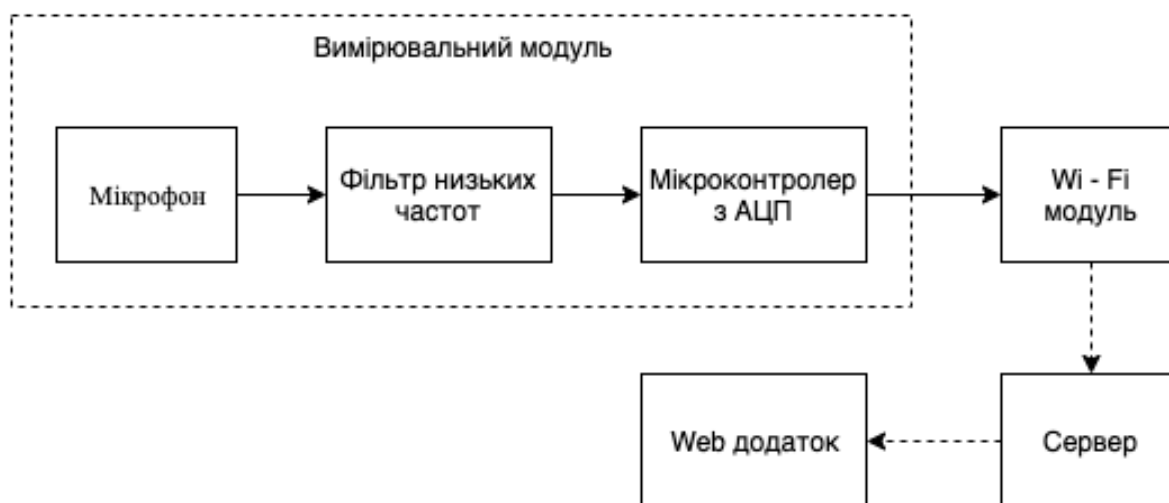


Рисунок 1. Структура аналізатора спектральних складових рівня шуму в приміщенні

Визначення спектрального складу шуму передбачається здійснювати шляхом виконання швидкого перетворення Фур'є, оскільки при цьому немає потреби у використанні смугових фільтрів. Загалом в цьому випадку існує дві можливості організації процесу визначення спектрального складу.

Перша передбачає виконання алгоритмів швидкого перетворення Фур'є безпосередньо в мікроконтролері над виміряними даними з подальшою передачею на сервер розрахованих гармонічних складових. Такий підхід формує додаткові вимоги до мікроконтролера, що здорожує систему.

Другий підхід передбачає передачу до сервера виміряних даних, а виконання швидкого перетворення Фур'є має здійснюватись вже на сервері.

Оскільки кількість розрахованих спектральних складових сигналу дорівнює кількості вимірів, такий підхід не потребуватиме використання дорожчих мікроконтролерів.

Також досить важливою перевагою використання для виконання обчислень сервера є можливість побудови мікросервісної архітектури, яка збільшує надійність всієї системи, та надає системі властивості універсальності – при заміні або поліпшенні апаратної частини шумоміру або вдосконаленні web додатку внесення змін до серверної частини не є необхідним.

ВИСНОВКИ

Запропонована система може бути використана для організації вимірювання рівнів та спектральних складових шуму в приміщенні. При цьому така система буде дешевшою та надійнішою за існуючі на ринку аналогічні прилади.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

- [1] Иванов, Н.И. Инженерная акустика. Теория и практика борьбы с шумом: учебник / Н.И. Иванов.- М.: изд. Логос. Университетская книга, 2008. - 424 с.
- [2] Якунина, И.В. Методы и приборы контроля окружающей среды. Экологический мониторинг : учебное пособие / И.В. Якунина, Н.С. Попов. – Тамбов : Изд-во Тамб. гос. техн. ун-та, 2009. – 188 с.
- [3] Рачков, М. Ю. Технические измерения и приборы : учебник и практикум для вузов / М. Ю. Рачков. — 3-е изд., испр. и доп. — Москва : Издательство Юрайт, 2018. — 151 с.

ДОДАТОК Б. ЛІСТИНГ ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ

// Приклад реалізації програмного забезпечення для мікроконтролера.

```
// Import required libraries
#include <ESP8266WiFi.h>
#include <WiFiClient.h>
#include <ESP8266WebServer.h>
#include <ESP8266HTTPClient.h>
#include <ArduinoJson.h>

// WiFi parameters
#define WIFI_SSID "Lera"
#define WIFI_PASSWORD "maupiti80"

#define HOST "host_address" // web-server address to
read/write data
#define ARRAY_SIZE 1024 // size of how many metrics there
will be
#define ANALOG_PIN 0 // number of pin that will be used
#define LISTEN_PORT 80 // The port to listen for incoming
TCP connections
#define TIME_TO_SEND_REQUEST 2000

WiFiServer server(LISTEN_PORT); // Create an instance of the
server
int myInts[ARRAY_SIZE];

void setup() {
    Serial.begin(115200);
    connect_To_Wifi();
}

void connect_To_Wifi() {
```

```

// Connecting to WiFi
Serial.println();
WiFi.begin(WIFI_SSID, WIFI_PASSWORD);
Serial.print("Connecting");
while (WiFi.status() != WL_CONNECTED) {
    delay(500);
    Serial.print(".");
}
Serial.println();
Serial.print("Connected, IP address: ");
Serial.println(WiFi.localIP());
}

void loop() {
    // create_Json_Body();
    StaticJsonDocument<2048> staticJsonDocument;    //Declaring
static JSON buffer
    JsonArray          values                      =
staticJsonDocument.createNestedArray("values"); //JSON array
    for(int i = 0; i < ARRAY_SIZE; i++) {
        values.add(analogRead(ANALOG_PIN));
    }
    serializeJson(staticJsonDocument, Serial);
    Serial.println();

    // sending requests
    HTTPClient http;    //Declare object of class HTTPClie
    http.begin("MOCK!!!");    //Specify request destination
    http.addHeader("Content-Type",    "application/json");
//Specify content-type header
    int httpCode = http.POST(serializeJson(staticJsonDocument,
Serial);    //Send the request
    String          payload          =          http.getString();
//Get the response payload
    Serial.println(httpCode);    //Print HTTP return code

```

```

        Serial.println(payload);          //Print request response
payload
        http.end(); //Close connection

        delay(2000);
    }

    void create_Json_Body() {
        StaticJsonDocument<2048> staticJsonDocument; //Declaring
static JSON buffer
        JsonArray values =
staticJsonDocument.createNestedArray("values"); //JSON array

        for(int i = 0; i < ARRAY_SIZE; i++) {
            values.add(analogRead(ANALOG_PIN));
        }

        serializeJson(staticJsonDocument, Serial);
        Serial.println();
    }

    // Приклад серверної реалізації за допомогою Ruby on
Rails фреймворку

    // приклад контролера
    #require_relative 'fourier_transform'

    class Api::RawDataController < ApplicationController
        def create
            fourier = FourierTransform.new(params[:values].size,
22_050)

            FrequencyDomain.create!(fourier.fft(params[:values]))
        end
    end

    // приклад схеми бази даних

    ActiveRecord::Schema.define(version: 2019_12_14_192756) do

```

```
# These are extensions that must be enabled in order to
support this database
```

```
enable_extension "plpgsql"
```

```
create_table "frequency_domains", force: :cascade do |t|
  t.integer "data", default: [], array: true
  t.datetime "created_at", precision: 6, null: false
  t.datetime "updated_at", precision: 6, null: false
end
```

```
end
```

```
// приклад реалізації алгоритму Фур'є
```

```
class FourierTransform
```

```
  attr_reader      :spectrum,      :bandwidth,      :sample_rate,
  :buffer_size
```

```
  def initialize buffersize, samplerate
```

```
    @buffer_size = buffersize
```

```
    @sample_rate = samplerate
```

```
    @bandwidth = (2.0 / @buffer_size) * (@sample_rate / 2.0)
```

```
    @spectrum = Array.new
```

```
    build_reverse_table
```

```
    build_trig_tables
```

```
  end
```

```
  def build_reverse_table
```

```
    @reverse = Array.new(@buffer_size)
```

```
    @reverse[0] = 0
```

```
    limit = 1
```

```
    bit = @buffer_size >> 1
```

```
    while limit < @buffer_size
```

```

        (0...limit).each do |i|
            @reverse[i + limit] = @reverse[i] + bit
        end

        limit = limit << 1
        bit = bit >> 1
    end
end

def build_trig_tables
    @sin_lookup = Array.new(@buffer_size)
    @cos_lookup = Array.new(@buffer_size)
    (0...@buffer_size).each do |i|
        @sin_lookup[i] = Math.sin(- Math::PI / i);
        @cos_lookup[i] = Math.cos(- Math::PI / i);
    end
end

def fft(buffer)
    raise Exception if buffer.length % 2 != 0

    real = Array.new(buffer.length)
    imag = Array.new(buffer.length)

    (0...buffer.length).each do |i|
        real[i] = buffer[@reverse[i]]
        imag[i] = 0.0
    end

    # here begins teh Danielson-Lanczos section
    half_size = 1
    while half_size < buffer.length
        phase_shift_step_real = @cos_lookup[half_size]
        phase_shift_step_imag = @sin_lookup[half_size]
        current_phase_shift_real = 1.0
        current_phase_shift_imag = 0.0
    end
end

```



```

(0...half_size).each do |fft_step|
  i = fft_step
  while i < buffer.length
    off = i + half_size
    tr = (current_phase_shift_real * real[off]) -
(current_phase_shift_imag * imag[off])
    ti = (current_phase_shift_real * imag[off]) +
(current_phase_shift_imag * real[off])
    real[off] = real[i] - tr
    imag[off] = imag[i] - ti
    real[i] += tr
    imag[i] += ti

    i += half_size << 1
  end
  tmp_real = current_phase_shift_real
  current_phase_shift_real = (tmp_real *
phase_shift_step_real) - (current_phase_shift_imag *
phase_shift_step_imag)
  current_phase_shift_imag = (tmp_real *
phase_shift_step_imag) + (current_phase_shift_imag *
phase_shift_step_real)
  end

  half_size = half_size << 1
end

(0...buffer.length/2).each do |i|
  @spectrum[i] = 2 * Math.sqrt(real[i] ** 2 + imag[i] **
2) / buffer.length
end

@spectrum

p count_smoth
end

```

```

# def count_harmonic
#   [31.5, 63, 125, 250, 500, 1000, 2000, 4000, 8000]
# end

def count_smth
  should_be_counted = @spectrum.map.select { |value| value
<= 31.5 }

  sum_of_squares = 0
  should_be_counted.each do |el|
    sum_of_squares = sum_of_squares + el * el
  end

  Math.sqrt sum_of_squares
end

def first_harmonic
  (@buffer_size / 2) / 512
end
end

```